

ISSN 1512-0325

საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი  
**JOURNAL OF THE GEORGIAN CERAMISTS' ASSOCIATION**



# kerami ka **CERAMICS**

**და მოწინავე  
ტექნოლოგიები**

**AND ADVANCED  
TECHNOLOGIES**

სამეცნიერო-ტექნიკური და სავარაზოო ილუსტრაციები,  
რეგისტრაციები, რეფერირები ჟურნალი

Vol. 22. 2(44).2020

## სარედაქციო კოლეგია:

მ. ბალახაშვილი, მ. ბიბილაშვილი, გ. გაფრინდაშვილი (მთ. რედ. მოადგილე), ნ. გელოვანი, ლ. გვასალია, ა. გრიგოლიშვილი, ნ. დარახველიძე, ელ. ელიზბარაშვილი, დ. ერისთავი, ლ. თოფურია, რ. თურმანიძე, ი. კახნიაშვილი, მ. კეკელიძე, ზ. კოვზირიძე (მთ. რედაქტორი), ნ. კუციავა, ნ. ლოლაძე, მ. მაისურაძე, ნ. მარგიანი, ზ. მესტვირიშვილი, თ. მიქაძე, გ. მუშლაძე, მ. მუჯირი, ნ. მჭედლიშვილი, ნ. ნიჭარაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), დ. ნოზაძე, გ. ტაბატაძე, ი. ქაშაკაშვილი, რ. ქაცარავა, ვ. ქინქლაძე, ე. შაფაქიძე, ჯ. შენგელია, მ. ცინცაძე, რ. ხუროძე, თ. ჭეიშვილი, მ. ხუციშვილი

## EDITORIAL BOARD:

M. Balakhashvili, M. Bibilashvili, T. Cheishvili, N. Darakhvelidze, E. Elizbarashvili, D. Eristavi, G. Gaprindashvili (vice-editor-in-chief), N. Gelovani, A. Grigolishvili, L. Gvasalia, R. Katsarava, I. Kakhniashvili, M. Kekelidze, V. Khinqladze, R. Khurodze, M. Khutsishvili, Z. Kovziridze (editor-in-chief), N. Kuciava, N. Loladze, M. Maisuradze, N. Margiani, N. Mchedlishvili, O. Miqadze, Z. Mestvirishvili, G. Mumladze, M. Mujiri, N. Nizharadze (executive secretary), D. Nozadze, I. Qashakashvili, E. Shapakhidze, J. Shengelia, G. Tabatadze, L. Topuria, M. Tsintsadze, R. Turmanidze

შურნალში „კერამიკა“

გამომქვეყნებული სტატიების  
პირითადი თემატიკა

ყველა სახის მიწის,  
კერამიკის, კერამიკული და  
პოლიმერული კომპოზიტების,  
წებამატარი მასალების,  
ჭიმურის და მიწანძვრის,  
სხვადასხვა მისი,  
მიწვევითი ბაზის,  
მჭიდვ მასალების, ცემენტის და სხვა  
არარეზინული,  
ძველდნობადი,  
ასალი და ტრადიციული მასალების  
სფეროში  
ჩატარებული სამეცნიერო კვლევები,  
მათი მიღების ტექნიკა და  
ტექნოლოგია, ნანოტექნოლოგია და  
ნანოქიმიკა  
პოლიმერული პომასალები  
ბიოინჟინერია  
ორგანულ ნივთიერებათა  
ტექნოლოგია  
მეტალურგია  
მასალათმცოდნეობა  
კომპოზიციური მასალები და  
ღანაფარები  
არარეზინული და ორგანული  
სინთეზი  
ნანომასალებისა და კომპოზიტების  
მიღების ელექტროქიმიური  
ტექნოლოგიები  
თერმოდინამიკა, კინეტიკა და  
კატალიზი

შურნალში აბრეშვი

შესაკლავალია განთავსდეს  
სტატიები შემდეგ საკითხებზე:

- ✓ ახალი ტექნიკა, მონოპოლიზა  
სანარმოთა და წარმოების ტექნიკური  
გადაიარაღება.
- ✓ სანედლეული ბაზის განვითარება,  
ნედლეულის რაციონალური გამოყენება,  
მათ შორის ადგილობრივი წარმოების  
წარჩენების.
- ✓ რესურს- და ენერგოდამზოგველი  
ტექნოლოგიები. გარემოს დაცვა.
- ✓ სანარმოთა სამეურნეო მოღვაწეობა  
საბაზრო პირობებში, ეკონომიკა,  
მარკეტინგი.
- ✓ საქარხნო გამოცდილება.
- ✓ ინფორმაცია, რეკლამა.

გამომქვეყნების სფეროები

- ენერგეტიკა
- მშენებლობა
- სახალხო მოხმარების საგნები
- ქიმია და ქიმიური ტექნოლოგია
- მასალათმცოდნეობა
- მეტალურგია
- ელექტრონიკა და ელექტროტექნიკა
- მედიცინა
- ოპტიკა
- სხვა სფეროები
- გარემოს დაცვა

უაკ 655.458

## მიკროელემენტშემცველ მოდელოვ კომპოზიციებში ფუნქციური დანიშნულების მინამასალების მიღება

მ. ზაქარაია, მ. მშვილდაძე, თ. ჭეიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. ოთხი სახეობის მიკროელემენტშემცველი ZnO-MnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> და Cu<sub>2</sub>O(CuO)-MnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სისტემების შედგენილობის კვლევა ფუნქციური დანიშნულების მინამასალების მიღების მიზნით.

**მეთოდი.** საკვლევ სისტემებში სასურველი მასალები მიიღებს კერამიკისა და მინის ტექნოლოგიაში მიღებული ხერხებით – შესაბამისი შედგენილობის კაზიმების შეცხოვრებით ან ლლობით. საკვლევ კომპოზიტებში თერმული დამუშავებით გამოწვეული გარდაქმნები შეისწავლეს თერმული და რენტგენოფაზური ანალიზების მეთოდებით.

**შედეგი.** დადგინდა, რომ მიკროელემენტების შემცველი მასალის ფაზური შედგენილობის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორია მასალის მიღების ხერხი და თერმული დამუშავების პირობები. საკვლევ სისტემებში მიღებული მასალების შედგენილობაში დაფიქსირდა მათი ამორფული და კრისტალური ბუნება.

**დასკვნა.** მიღებული მასალები ხასიათდება არაერთგვაროვანი სტრუქტურით (ამორფულ-კრისტალური ფაზების თანაობა) და მათში წარმოდგენილ კრისტალურ ნაერთთა მრავალსახეობით, რაც განსხვავებული თვისებების მატარებელი და მიზნობრივი დანიშნულების მინამასალების მიღების წინაპირობაა.

**საკვანძო სიტყვები:** მიკროელემენტები; მიკროსასუქები; კომპოზიცია; შედგენილობა; კაზიმი; თერმული დამუშავება.

### 1. შესავალი

მიკროელემენტების და მათი შემცველი ნივთიერებების ან მასალების პრობლემა იყო და არის სოფლის მეურნეობისა და მეცხოველეობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემა. კარგადაა ცნობილი, რომ მიკროელემენტშემცველი მასალები (მაგ., მიკროსასუქები), თუ შესატყვისი პირობები იქნა შერჩეული და დაცული, დადებით გავლენას ახდენს მცენარეთა განვითარებაზე, ზრდის მცე-

ნარეულ კულტურათა მოსავლიანობას და მათ ხარისხს, იცავს მცენარეებსა და ცხოველებს დაავადებისგან. ასევე, კარგადაა ცნობილი, რომ ნიადაგში მიკროელემენტთა ათვისებადი ფორმების მწვავე დეფიციტი კულტურულ მცენარეთა და, შესაბამისად, შინაურ ცხოველთა ავადმყოფობის მიზეზი შეიძლება გახდეს, რადგან ამ უკანასკნელთა საკვები მცენარეული წარმოშობისაა [1, 2].

სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ნორმალური ზრდა-განვითარება სხვადასხვა კლიმატურ პირობასა და ნიადაგში ხდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, არ არსებობს უნივერსალური მიკროსასუქის სახეობა. მცენარეთა ბიოლოგიურ თავისებურებათა და ნიადაგ-კლიმატური პირობების გათვალისწინება საჭიროს ხდის მიკროელემენტების შემცველი მიკროსასუქების მრავალსახეობის არსებობას. განსაკუთრებით ეფექტური მიკროსასუქების არსებობა და მასთან დაკავშირებული სხვადასხვა ხარისხისა და შედგენილობის მიკროსასუქის ეფექტური ფორმების მიღება-შესწავლა, მათი მიზნობრივი გამოყენება დღემდე აქტუალურ ამოცანად რჩება [3, 4].

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიერ ჩატარებული სამუშაო მიზნად ისახავდა კომპლექსური შედგენილობის, კერძოდ სპილენძის, მანგანუმის, თუთიისა და ბორის შემცველი მიკროსასუქებად გამოსაყენებელი და მათ შორის ნიადაგში პროლონგირებული ქმედების მასალების მიღებას.

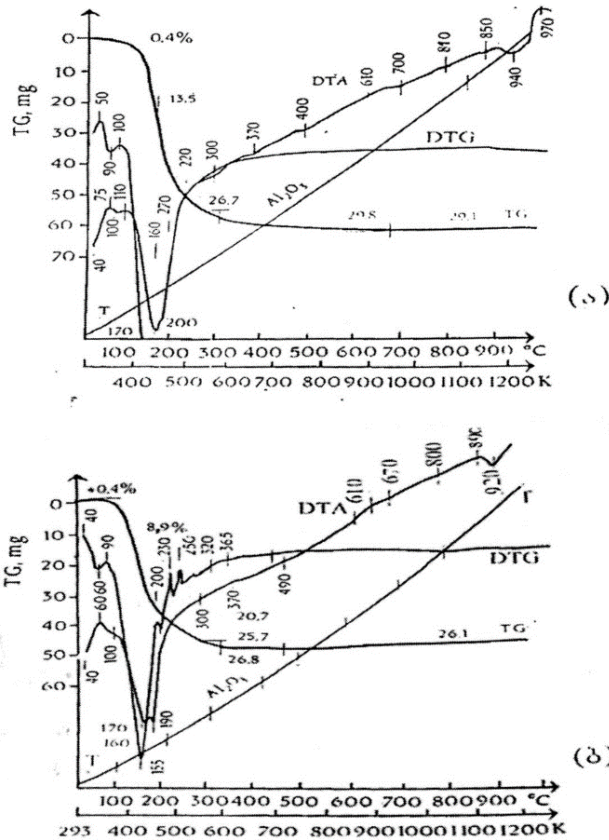
### 2. ძირითადი ნაწილი

პერსპექტივაში, ნიადაგის ხასიათიდან გამომდინარე, შერჩევითი ხსნადობის მქონე და ამავდროულად პროლონგირებული (ხანგრძლივი) ქმედების მიკროსასუქების მიღება, რაც ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა, დაიგეგმა მინისა და კერამიკის ტექნოლოგიაში ცნობილი ხერხებით და ითვალისწინებდა მინისებრი ან შეცხოვილი მასალების მიღებას. ასეთი მიკროელემენტშემცველი მასალები სხვადასხვა ფორიანობის და მარცვლების გრანულომეტრით შეიძლება დამზადდეს, რაც მათ შედგენილობასთან ერთად, ზოგადად, ხსნადობის მარეგულირებელი ფაქტორია. სილიკატური დარგის ტექნოლოგიათა საფუძველზე და სასურველი

თვისების მატარებელი მინებისა და მინაკრისტალური მასალების დაპროექტებაში არსებული ცნობილი მიდგომების გამოყენებით დაიგეგმა ორი სამკომპონენტური სისტემის შესწავლა. კვლევის საწყის ეტაპზე აიღეს ორი სამკომპონენტური სისტემა –  $ZnO - MnO - B_2O_3$  და  $CuO - MnO - B_2O_3$ , რომელშიც ოთხი ცნობილი მიკროელემენტი ( $Zn, Cu, Mn, B$ ) წარმოდგენილი. მოყვანილ სისტემებში შემავალი ოქსიდების შესაყვანად გამოყენებულ იქნა თუთიის, სპილენძის და მანგანუმის ოქსიდები („ქიმიურად სუფთა“ და „სუფთა ანალიზისათვის“ კლასიფიკაციის), ხოლო  $B_2O_3$  შეიყვანეს

ბორის მჟავათი (მარკა „ტექნიკური“). აღნიშნულ სისტემებში საკვლევი შედგენილობის გამოსავლენად დადგინდა სამკომპონენტური სისტემებში შემავალი კერძო ორკომპონენტური სისტემების გარშემო არსებული მონაცემები. ყურადღება მიექცა როგორც შესაბამის მდგომარეობათა დიაგრამებს, ისე მინის წარმოქმნის შესაძლებლობას [5-7].

შერჩეული შედგენილობის კაზიმის თერმოდამუშავებით გამოწვეული გარდაქმნების შესაფასებლად და კაზიმის მოსალოდნელი ლლობის ტემპერატურის დასადგენად ჩატარდა თერმული ანალიზი [8].



სურ. 1.  $10CuO \cdot 40MnO \cdot 50B_2O_3$  (ა) და  $10ZnO \cdot 40MnO \cdot 50B_2O_3$  (ბ) შედგენილობათა კაზიმების დერივატოგრაფა

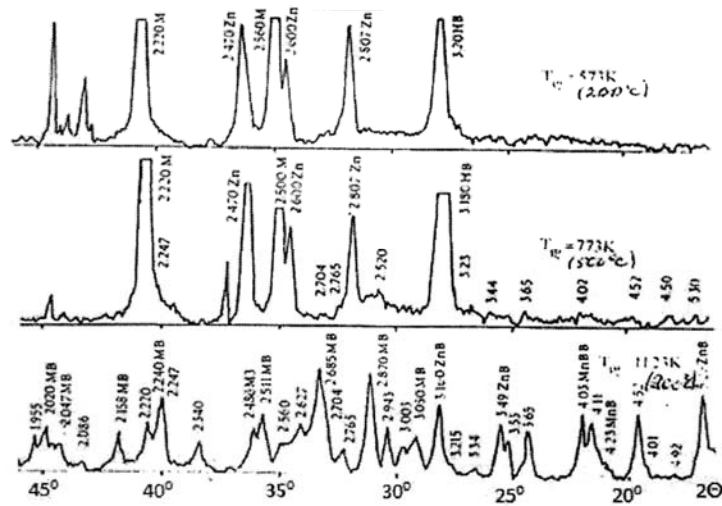
ორი სამკომპონენტური  $ZnO - MnO - B_2O_3$  და  $CuO - MnO - B_2O_3$  სისტემის კაზიმების დერივატოგრაფების შედეგების ანალიზით დადგინდა, რომ დაბალტემპერატურულ უბანში ადგილი აქვს ძლიერი ენდოფექტის წარმოქმნას ( $105-220^\circ C$ ), რაც გამოწვეულია ბორის მჟავას გარდაქმნა-დაშლით. მაღალტემპერატურულ უბანში ორი ენდოფექტი გამოვლინდა ( $830-880^\circ C$  და  $940-970^\circ C$ ), რომელთა არსებობა ფსევდოსამკომპონენტური სისტემაში თერ-

მოდამუშავებით წარმოქმნილი და განსხვავებული შედგენილობის ბორატული ნაერთების დნობას უნდა უკავშირდებოდეს. თერმული ანალიზით ასევე დაფიქსირდა მრავალი ეგზოთერმული ეფექტი, რაც სხვადასხვა სახის კრისტალური ნაერთის წარმოქმნითაა გამოწვეული, კერძოდ კაზიმის მაღალტემპერატურული ( $800-850^\circ C$ ) დამუშავება მის რადიკალურ ტრანსფორმაციას იწვევს (სურ. 1).

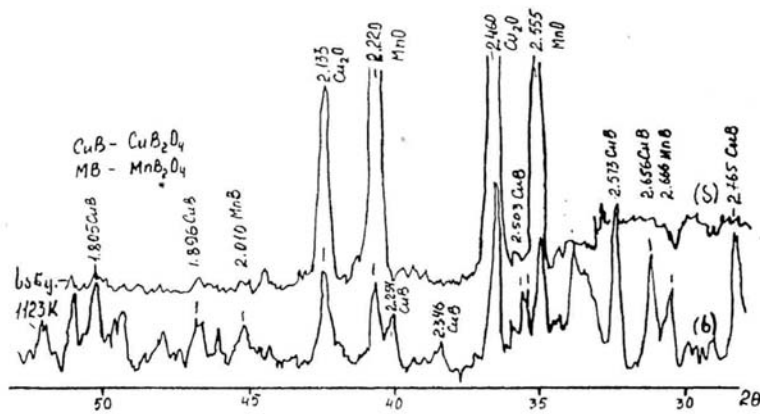
თერმულ ეფექტებთან შესატყვის ტემპერატურებზე თერმულად დამუშავებული კაზმების შესწავლა განხორციელდა რენტგენოფაზური ანალიზით. შესაბამისი დიფრაქტოგრამები წარმოდგენილია მე-2 და მე-3 სურათებზე, შესაბამისად,  $ZnO - MnO - B_2O_3$  და  $CuO - MnO - B_2O_3$  შედგენილობის კაზმებისათვის. შეჯერდა თერმული ანალიზითა და რენტგენოფაზური ანალიზით მიღებული შედეგები, რომელიც წარმოდგენილია ცხრილში.

უნდა აღინიშნოს, რომ დაბალტემპერატურულ ინტერვალში ( $300^{\circ}C$ -მდე) მიმდინარეობს მხოლოდ ბორის მჟავას დაშლა-გარდაქმნა. მომდევნო  $300-600^{\circ}C$  ტემპერატურათა შორის მიმდინარეობს  $MnO$ -ის ჟანგვა და  $B_2O_3$ -ის ამორფულ მდგომარეობაში

გადასვლა. აღნიშნული შეეხება  $600^{\circ}C$ -ზე ზემოთ ჩატარებულ კაზმების თერმულ დამუშავებას, ადგილი აქვს მრავალრიცხოვანი ახალი ნაერთების წარმოქმნას, რომელთა არსებობას განსაზღვრავს პოლივალენტური ელემენტის ოქსიდების და ბორის ანჰიდრიდის ურთიერთმერწყმა, რაც განაპირობებს სხვადასხვა ბორატის წარმოქმნას. რენტგენოფაზური ანალიზის შედეგების მიხედვით ძირითადი კრისტალური ფაზები წარმოდგენილია მანგანუმის, თუთიის და სპილენძის დიბორატებით, მაგრამ არსებობს თანმხლები კრისტალური ფაზები (მაგ.,  $MnB_4O_7$  და სხვა) და, როგორც წესი, ამორფული შემადგენელი (ამორფული ანუ გამინებული ბორის მჟავა ან ადვილად დნობადი ბორატები).



სურ. 2. სხვადასხვა ტემპერატურაზე დამუშავებული შედგენილობათა კაზმის დიფრაქტოგრამები



სურ. 3. საწყისი (ა) და  $9000^{\circ}C$ -ზე თერმულად დამუშავებული (ბ) სპილენძმბმცველი მანგანუმბორატული კაზმის დიფრაქტოგრამის ფრაგმენტები

**კაზმებში მიმდინარე თერმული პროცესები და წარმოქმნილ კრისტალურ ფაზათა იდენტიფიკაცია**

№	საკვლევი სისტემა	თერმოფექტების ტემპერატურული ინტერვალი (K)	თერმო-ეფექტის სახეობა ( $\pm Q$ )	ეტაპის ბოლოს წარმოქმნილი კრისტალური ფაზების ფორმულა
1	$ZnO - Mn - B_2O_3$	313-338	+	$H_3BO_3, MnO, ZnO$
		373-573	-	$HBO_2, MnO, ZnO$
		573-873	-	$MnO, MnO_2, ZnO, B_2O_3, ZnO$
		873-1173	-	$MnO, Mn_2O_3, Mn_3O_4, Mn(BO_2)_2, MnB_4O_7, B_2O_3$ (ამორფი), $Zn(BO_2)_2$
		მეტია 1173		მინისებრი ნადნობი
2	$CuO(Cu_2O) - MnO - B_2O_3$	313-338	+	$H_3BO_3, MnO, CuO, Cu_2O$
		373-573	-	$HBO_2, MnO, CuO, Cu_2O$
		573-773	-	$B_2O_3$ (კრ), $MnO, Cu_2O, MnO_2, Mn_2O_3$
		773-1123	-	$MnO, CuO, Cu_2O, CuB_2O_4, MnB_2O_4$
		მეტია 1173		ნადნობი (ამორფული ნივთიერება)

თერმული ანალიზის შედეგების მიხედვით 900°C (სპილენძმცველი მინები) და 1000°C-ზე (თუთიაშემცველი მინები) მოსალოდნელია კაზმების დნობა (ცხრილი). აღნიშნულზე დაყრდნობით, 1100±50°C ტემპერატურაზე განხორციელდა ერთი კონკრეტული შედგენილობის ოთხკომპონენტური ნარევის ხარშვა. ნარევის შედგენილობამ უზრუნველყო  $1ZnO \cdot 1MnO \cdot 1CuO \cdot 3B_2O_3$  მოლეკულური შედგენილობის მინის მიღება. აღნიშნული შედგენილობის კაზმი მოიხარშა ელექტრომახურებლიან ღუმელში, ფაიფურის ქოთანში სინთეზით, როდესაც მაქსიმალურ ტემპერატურაზე დაყოვნება 30 წთ-ს შეადგენდა. სინთეზის შედეგად მიღებულ იქნა მასაში (სიღრმისეულად) შავად შეფერილი მინისებრი მასალა, რომლის 500-900°C ტემპერატურულ ინტერვალში იძულებითი დაკრისტალეზით და შემდგომი რენტგენოფაზური ანალიზით მიკროელემენტშემცველი ნაერთების ფართო სპექტრის მიღების შესაძლებლობა გამოვლინდა (Zn, Mn, Cu დიბორატები, ტეტრა-ბორატები, სპილენძის მანგანიტები და სხვა).

**3. დასკვნა**

ჩატარებული კვლევით დადგინდა, რომ ფსევდოსამკომპონენტური შედგენილობის კაზმის შეცხობისა და ლღობა-კრისტალიზაციის პროცესების ჩატარებით შესაძლებელია ოთხი ფუნქციურად განსხვავებული მიკროელემენტშემცველი (Zn, Mn, Cu, B) მასალების მიღება. მიღებული მასალები ხასიათდება არაერთგვაროვანი სტრუქტურული

მოწყობით და მათში შემავალ ფაზათა მრავალსახეობით (ამორფული შემადგენელი, სხვადასხვა შედგენილობის ბორატი და მანგანიტი), რომლებიც მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი თვისებების (მათ შორის მოსალოდნელი ხსნადობის) მატარებელია. საწყისი კაზმების და მათ საფუძველზე მიღებული მასალების სახეობათა მრავალფეროვნება, თერმული დამუშავებით მათი ფაზათა შედგენილობის და, შესაბამისად, თვისებათა პროგნოზირებადი რეგულირებადი ტრანსფორმაცია, შესაძლებელს გახდის უკვე  $ZnO - MnO - CuO - B_2O_3$  ოთხკომპონენტური კომპოზიციის კომპლექსური ოთხი მიკროელემენტშემცველი პროლონგური და ეკოლოგიურად ნაკლებად მავნე, ამვე დროს შერჩევითი ხსნადობის აგრარული დანიშნულების მასალების მიღებას.

**ლიტერატურა**

1. Микроудобрения. Труды НИУИФ. Под ред. проф. М.В. Каталымова. Изд-во «Колос», М., 1965, 176с.
2. Жданов Ю.А., Азаров К.П., Горбатенко В.Е. «Стекло и фритты для удобрения почв микроэлементами», ДАН, №6, 1956.
3. <https://www.zerno-ua.com/journals/2012/yanvat-2012-god/helatnye-udobreniya-i-ih-perspektivy>.
4. <http://infoindustria.com.ua/umnyie-kleshni/>
5. Диаграммы состояния систем тугоплавких окислов. Справочник. Вып. 5, ч. 1, Двойные системы. Л., Наука, 1985, 284 с.

6. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Вып. 1, Двойные системы. Л., Наука, 1965, 546 с.
7. Аппен А.А. Химия стекла. Л., Химия, 1970, 352с.
8. თ. მაჩალაძე. თერმული ანალიზი. თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006, 92 გვ.
- 

UDC 655.458

## RECEIPT OF FUNCTIONAL-PURPOSE GLASS MATERIALS IN SOME MICROELEMENT-CONTAINING MODEL COMPOSITIONS

M. Zakaraia, M. Mshvildadze, T. Cheishvili

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

**Resume: Goal.** Study of compositions of ZnO-MnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Cu<sub>2</sub>O(CuO)-MnO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> systems containing four kinds of microelements aimed to receipt of functional-purpose glass materials from them.

**Method.** Desirable materials have been received in the studied system according to methods adopted in ceramic and glass technology – through baking or melting of furnace charges of corresponding composition. Transformations caused by thermal processing in the composites under study have been studied using thermal and X-ray phase analyses.

**Results.** It was established that a key factors determining phase composition of microelement-containing material represented by the method for material receipt and thermal processing conditions. The presence of amorphous and crystalline-nature component parts has been registered in the composition of materials obtained in the system under study.

**Conclusions.** Received materials are featured by non-uniform structure (presence of amorphous-crystalline phases) and vast variety of crystalline compounds in them that is a precondition of receipt of glass materials bearing different properties and having targeted purpose.

**Key words:** microelements; microfertilizers; composition; furnace charge; thermal processing.

---

უაკ 577.1+577.15

## ინვერტაზას ტექნიკური პრეპარატის მიღება

ე. თოფურია, ლ. თოფურია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიის დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: topuriaekaterine@mail.ru

**რეზიუმე: მიზანი.** ფუზანტიდან მიკრომიცეტოა შერწყმის შედეგად პირველად არის გამოყოფილი ინვერტაზა და ნაჩვენებია, რომ თერმომედეგობით იგი აღემატება დედა შტამის მიერ სინთეზირებულ ანალოგს. დადგენილია, რომ ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლებით ფუზანტიდან მიღებული ინვერტაზა დიდად არ განსხვავდება სხვა მიკროორგანიზმებიდან მიღებული ინვერტაზებისაგან.

**მეთოდი.** გამოყენებულ იქნა ფერმენტაციის, ექსტრაქციისა და ცენტრიფუგირების მეთოდები.

**შედეგი.** ნაჩვენებია ფუზანტიდან მიღებული ინვერტაზას იმობილიზაციის შესაძლებლობა, სხვადასხვა მატარებელზე განსხვავებული მეთოდებით.

**დასკვნა.** მიღებულია ინვერსიული შაქარი, იმობილიზებული ინვერტაზას გამოყენებით.

**საკვანძო სიტყვები:** ფერმენტები; ინვერტაზა; იმობილიზაცია; მიკრომიცეტები.

### 1. შესავალი

ფერმენტები ყველა ცოცხალ უჯრედშია და ასრულებს კატალიზატორის როლს ყველა ბიოქიმიურ რეაქციაში, რომლებიც მიმდინარეობს ცოცხალ ორგანიზმებში.

2013 წელს აღწერილი იყო 5000-ზე მეტი სხვადასხვა ფერმენტი [2,3,4].

უკანასკნელ ხანებში ინტენსიურად ვითარდება ფერმენტული პრეპარატების წარმოება, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება მეურნეობის სხვადასხვა დარგში. ქვეყნის მრეწველთა წინაშე დაისვა საკითხი, რათა რაციონალურად იქნეს გამოყენებული ნედლეული და ნარჩენები, შემუშავდეს ახალი მცირენარჩენიანი ბიოტექნოლოგიები. დიდი ყურადღება ექცევა ახალი ფერმენტული პრეპარატების წარმოებას კვების მრეწველობისათვის, სოფლის მეურნეობისა და მედიცინაში გამოყენებისათვის. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ეს პრეპარატები უნდა იყოს მაღალი სისუფთავის და აკმაყოფილებდეს სანიტარიულ-ჰიგიენურ მოთხოვნებს.

### 2. ძირითადი ნაწილი

ნებისმიერი ბიოლოგიური ობიექტიდან ფერმენტთა გამოყოფა ძვირად ღირებული პროცესია. ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ფერმენტები ძალზე ლაბილურია მაღალი ტემპერატურის, არის მყავიანობის, ორგანული გამხსნელების, დეტერგენტების და სხვა მადენატურირებელი ფაქტორების მიმართ. ფერმენტთა ეს ნაკლი შეიძლება გადაიჭრას მათი ფიქსაციით წყალში უხსნარ მატრიცებზე. იმობილიზებული ფერმენტების უპირატესობა, ხსნად ფერმენტთან შედარებით, შემდეგში მდგომარეობს:

1. მრავალჯერად გამოყენებაში,
2. რეაქციის პროდუქტისაგან ფერმენტის მარტივ მოშორებაში,

3. სტაბილურობის გაზრდაში.

უკანასკნელ წლებში დამუშავებულია იმობილიზაციის მეთოდები, რომელთა საბოლოო მიზანია იმობილიზებული ფერმენტების გამოყენების ხანგრძლივობა. მათი პრაქტიკაში გამოყენებისათვის საჭიროა შემდეგი ტიპის რეაქტორები:

1. რეაქტორი პერიოდული მოქმედების სარეველათი,

2. გამდინარე რეაქტორი სარეველათი,

3. გამდინარე რეაქტორი დაწნევით.

მატარებელთა ტიპებისა და დაკავშირების მეთოდების დიდი მრავალფეროვნება საშუალებას იძლევა აირჩეს ისეთი მეთოდი და მატარებელი, რომლებიც მისაღებია როგორც საფუარის, ისე სოკოსებრი წარმოშობის ინვერტაზებისათვის, რათა მივიღოთ ფერმენტის იმობილიზებული ფორმები მაღალი კუთრი აქტივობით და პროლონგური მოქმედების თვისებით. ამავე დროს იმობილიზებული ინვერტაზა უნდა აკმაყოფილებდეს კვების მრეწველობისათვის სასარგებლო სანჰიგიენურ მოთხოვნებს. ყოვლად დაუშვებელია იმობილიზებული ფერმენტის მთლიანი ან ნაწილობრივი დაშლა, რომლის დროსაც შესაძლებელია სარეაქციო ხსნარში უცხო ნაერთის მოხვედრა.

შეიძლება ითქვას, რომ სოკოსებრი წარმოშობის ინვერტაზები არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან მოლეკულური მასებით, Km სიდიდით და თერმოსტაბილურობით. სავარაუდოა, რომ მრეწვე-



ლობაში გამოსაყენებლად მიზანშეწონილია ყველა მათი ტექნოლოგიური თვისების დაწვრილებით შესწავლა და მხოლოდ შემდეგ კონკრეტული ფორმის შერჩევა.

ჩვენ მიერ დამუშავებულია ინვერტაზას მიღების ახალი ხერხი.

კვლევის ობიექტი იყო ინვერტაზას (β ფრუქტოფურანოზიდაზა) პროდუცენტი მიკრომიცეტების (*Aspergillus niger* – 147A და *Allesheria terrestris*) შერწყმით მიღებული ფუზანტი, რომელიც მიღებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მცენარეთა ბიოქიმიის ინსტიტუტში [1]. აღნიშნული კულტურა ხასიათდებოდა მაღალი β ფრუქტოფურანოზიდაზური აქტივობით. ქვემოთ მოყვანილია მისი კულტივირების პირობები.

კულტივირებას ვაწარმოებდით სიღრმული მეთოდით, 250 მლ მოცულობის ერლენმეიერის კოლბებში, თითოეული კოლბა შეიცავდა 50 მლ საკვებ არეს, კულტივირების ტემპერატურა –  $t = 30^{\circ}$ , სანჯღრეველას ბრუნვის სიჩქარე – 180 ბრ/წთ.

კულტივირება ჩატარდა ჩაპკის მოდიფიცირებულ არეში, რომელშიც შედიოდა შემდეგი კომპონენტები (%): საქაროზა – 2;  $\text{NaNO}_3$  – 0,25,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,15;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,0125, კულტივირების ხანგრძლივობა იყო 96 სთ, pH – 4,6. ამის შემდეგ კოლბების მოცულობა სტერილურად შეგვქონდა 70 ლიტრიან „New Brunswick“-ის ფორმის ფერმენტატორში, სადაც მოთავსებული იყო იგივე შედგენილობის გასტერილებული საკვები არე. ფერმენტაცია მიმდინარეობდა  $30^{\circ}$ , მორევისა (200 ბრ/წთ) და 10 მ<sup>3</sup>/სთ-ში სტერილური ჰაერის მიწოდების პირობებში.

კულტივირების შემდეგ ფუზანტის ბიომასას კაპრონის ბადეში ფილტრაციით ვაშორებდით კულტურალურ სითხეს, ვრეცხავდით წყლით და მექანიკურად ვამუშავებდით ალუმინის ოქსიდით. ცილების ექსტრაქციას ვახდენდით 3 სთ განმავლობაში 0,05 M-ის Na აცეტატის ბუფერით pH 5,0  $4^{\circ}$ -ის პირობებში. მიღებულ მასას ვაცენტრიფუგებდით 20 წთ-ის განმავლობაში K-23 ტიპის ცენტრიფუგაზე 3000 ბრ/წთ სიჩქარით  $4^{\circ}$ -ის პირობებში.

ექსტრაქტიდან ცილები გამოილექს ამონიუმის სულფატის ფრაქციონირებით. გამოლექილ ცილებს ცენტრიფუგირებით ვაშორებდით 20 წთ-ის განმავლობაში K-23 ტიპის ცენტრიფუგაზე 3000 ბრ/წთ სიჩქარით  $4^{\circ}$ -ის პირობებში და ნალექს ლიოფილურად ვაშრობდით.

ამრიგად, მიკრომიცეტა შერწყმის შედეგად მიღებული ფუზანტიდან გამოყოფილ იქნა ინვერტაზა, რომელიც თერმოდგრადობით აღემატება დედა შტამის მიერ სინთეზირებულ ანალოგს.

### 3. დასკვნა

დამუშავებულია ფუზანტიდან მიღებული ინვერტაზას გამოყენების ტექნოლოგია, რომლის მიხედვითაც პრაქტიკულად მთლიანად ხდება საქაროზას ჰიდროლიზი. მიღებულ ინვერსიულ სიროფში კვალის სახითაც არ არის ადამიანის ორგანიზმისათვის ტოქსიკური ოქსიმეთილფურფუროლი. ჩატარებულია ლიოფილურად გამშრალი ინვერტაზას პრეპარატის იმობილიზაცია სილიკაგელზე და შესწავლილია მისი თვისებები. იმობილიზებული ფერმენტული პრეპარატის გამოყენებით მიღწეულია საქაროზას ჰიდროლიზი.

### ლიტერატურა

1. ე. ადვიშვილი (1995). მიკროსკოპული სოკოების თერმომედეგი ცელულაზების და ქსილანაზების შესწავლა და ტრანსფორმატების მიღება. დისერტ. ბიოლ. მეცნ. კანდ. თბილისი. გვ. 105.
2. ლ. თოფურია. მიკროსკოპული სოკოების ფუზანტიდან მიღებული β ფრუქტოფურანოზიდაზას გამოყოფა, გაწმენდა და დახასიათება. დისერტაცია ბიოლ. მეცნ. კანდ. თბილისი, 1996, 118 გვ.
3. Enzyme nomenclature database ENZYME. Reference date 25 April 2013. Archive 28 April 2013.
4. Bairoch A. The ENZYME database in 2000 *Nucleic Acids Res* 28:304-305(2000). Архивная копия от 1 июня 2011 на Wayback Machine.
5. International Union of Biochemistry and Molecular Biology. New class enzymes: translocases. IUBMB NEWS (August 2018).

UDC 577.1+577.15

## RECEIPT OF TECHNICAL PREPARATION INVERTASE

**E. Topuria, L. Topuria**

Georgian Technical University, Department of Chemistry, Str Costava 69. 0160, Tbilisi. Georgia

E-mail: topuriaekaterine@mail.ru

**Resume: Goal.** Invertase is separated for the first time as a result of micromycetes fusion and it is shown that according to its thermal stability it superbs the analogues synthesized by mother strain. There is established that the invertase obtained as a result of fusion according to its physical and chemical characteristics isn't differed largely from invertases received from other microorganisms.

**Method.** The methods of fermentation, extraction and centrifugation have been used.

**Results.** There is shown a possibility in principle of immobilization of invertase at other carriers using different methods.

**Conclusion.** Inverted sugar is obtained by means of immobilized invertase.

**Key words:** enzymes; invertase; immobilization; micromycetes.

---

უაკ 330:625

## ინფორმაციული ლოგისტიკის გავლენის ანალიზი საქართველოს ეკონომიკურ მდგომარეობაზე

ალ. კანკაძე, ჯ. კანკაძე, ა. წულაია

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ტრანსპორტისა და მანქანათმშენებლობის მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველო 0160, თბილისი, კოსტავას 68<sup>ბ</sup>

E-mail: Aleqsandregtu@gmail.com; annstsulaia@gmail.com

**რეზიუმე:** მიზანი. სტატიაში გადმოცემულია, რომ სოციალურ-ეკონომიკური პირობები პირველ რიგში უნდა იქნეს გამოვლენილი, რაც მნიშვნელოვან კაპიტალდაბანდებას საჭიროებს. ეს პრობლემა გავლენას ახდენს დინამიკაზე, სტრუქტურასა და მოცულობაზე, მოქმედ და პოტენციურ ინვესტიციებზე.

**მეთოდი.** მსოფლიოში მიმდინარე გლობალიზაციის ფონზე და საქართველოს გეოსტრატეგიული მდგომარეობიდან გამომდინარე, ქვეყნის ეკონომიკის განვითარება პირდაპირ კავშირშია სატრანსპორტო სექტორის გამართულ და ეფექტიან მუშაობაზე.

აღნიშნული სისტემის მიზანია ცალკეული ელემენტების საქმიანობის შედეგების ოპტიმიზაცია, ამიტომ ლოგისტიკურ სისტემაში მუდმივად უნდა მიმდინარეობდეს შეფერხების მიზეზის ინიცირება და ანალიზი, რომელიც ლოგისტიკურ ჯაჭვში წარმოიშობა ნედლეულის, პროდუქციის, საქონლისა და მომსახურების მოძრაობისას.

ლოგისტიკის ეფექტიანობის მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება შესაძლებელია სასაზღვრო კონტროლის პროცედურების ეფექტიანობის ამაღლების ხარჯზე.

**შედეგი.** მოცემული სტატია აღწერს, რომ დღემდე არ არის შემუშავებული კონკრეტული რეგონების განვითარების სტრატეგია. ეკოლოგიური პრობლემების გადასაწყვეტად უნდა შემუშავდეს ეკონომიკური რეგულირების სისტემა ბუნებრივი რესურსების გამოყენებასთან დაკავშირებით.

რეგონებისთვის საჭიროა მცირე და საშუალო ზომის მიზიდულობის ცენტრების განვითარების სტრატეგიის შემუშავება.

საყურადღებოა ლოგისტიკური პროცესების ინფორმაციული უზრუნველმყოფი სისტემა რეგიონული განვითარების პროცესში.

ლოგისტიკის შესრულება დიდწილად დაკავშირებულია მიწოდების ჯაჭვის საიმედოობაზე, მწარმოებლებისა და ექსპორტიორების პროგნოზირებაზე.

საქართველოს ლოგისტიკის ბაზარი მეტად ფრაგმენტულია.

**დასკვნა.** სატრანსპორტო სისტემის უკეთ ფუნქციონირებისათვის ერთიან სატრანსპორტო ინფორმაციულ სისტემაში უნდა ჩავრთოთ უახლესი ტექნოლოგიები, მონაცემთა შეკრებისა და გადაცემის საშუალებები, პროგრამული საშუალებები და მონაცემთა ბანკი, ვინაიდან „ტრანსპორტისა და კავშირგაბმულობის დარგის რეგიონული განვითარების ანალიზი“ გვიჩვენებს უთანაბრობას მის განვითარებაში. ერთიანი სატრანსპორტო-ინფორმაციული სისტემა, რომლის მეთოდოლოგიური საფუძვლები წარმოდგენილია სტატიაში, უნდა ჩამოყალიბდეს რეგიონული ლოგისტიკური ცენტრების ქსელების შექმნის ბაზაზე, რომლებიც ახორციელებენ პროცესის დაგეგმვას, ორგანიზებას და ასრულებენ ტვირთის გადაზიდვას, კონტროლს სატრანსპორტო ნაკადზე და შესაბამის ინფორმაციას წარმოადგენენ სატრანსპორტო სისტემის მდგომარეობაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ინვესტიციები; მიგრირებული; საგრანტო; გრანტები; მონიტორინგი; ლოგისტიკა; გლობალიზაცია; ინტერმოდალური; მულტიმოდალური.

### 1. შესავალი

საქართველოში, საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ, სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის უარყოფითი ტენდენციები ფორმირდებოდა წლების განმავლობაში, რომელმაც განსაკუთრებით თავი იჩინა ბოლო პერიოდში, რომელზეც გავლენა იქონია როგორც საგარეო, ისე შიგა ფაქტორებმა. ამ ყველაფერმა წინა წლების სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობა რეგიონებში უმძიმესი გახადა. დღემდე არაა შემუშავებული კონკრეტული რეგონების განვითარების სტრატეგია; რეგიონულ დონეზე არ არსებობს საგადასახადო საბიუჯეტო სისტემა (რაც განვითარებულ ქვეყნებში იშვიათი გამონაკლისია); მოძველებული მექანიზმის საფუძველზეა აგებული

ადგილობრივი საბიუჯეტო-საგადასახადო სისტემა, სადაც ძირითად როლს ასრულებს ცენტრალური ტრანსფერები, ხოლო ადგილობრივ გადასახადებსა და მოსაკრებლებს უმნიშვნელო როლი უკავია, რაც ამცირებს ადგილობრივი ორგანოების პასუხისმგებლობას, ინიციატივის უნარს და ქმედითობას ადგილობრივი საბიუჯეტო სახსრების ხარჯვის მიმართ.

სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემები პირველ რიგში უნდა იქნეს გამოვლენილი, რაც მნიშვნელოვან კაპიტალდაბანდებს საჭიროებს. ეს პრობლემები გავლენას ახდენს დინამიკაზე, სტრუქტურასა და მოცულობაზე, მოქმედ და პოტენციურ ინვესტიციებზე.

სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემები შემდეგია:

- მოსახლეობის დასაქმების;
- ეკოლოგიური;
- მოსახლეობის სოციალური უზრუნველყოფის;
- სოციალურად მნიშვნელოვანი წარმოებების მხარდაჭერის.

ეკოლოგიური პრობლემების გადასაწყვეტად უნდა შემუშავდეს ეკონომიკური რეგულირების სისტემა, ბუნებრივი რესურსების გამოყენებასთან დაკავშირებით.

სოციალურ-ეკონომიკურ პრობლემა მოსახლეობის დასაქმება. სხვა მიზეზებს შორის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს წარმოების სიმცირე.

რეგიონებისათვის საჭიროა მცირე და საშუალო ზომის მიზიდულობის ცენტრების განვითარების სტრატეგიის შემუშავება. ასეთ ცენტრებში საჭიროა რეალური საფინანსო და დამხმარე სექტორების სხვადასხვა საწარმოს მიზიდვა, რაც უზრუნველყოფს ეკონომიკას ინფრასტრუქტურული დანახარჯების შემცირების შედეგად, ასევე სამუშაო ადგილებით შესაბამის ქალაქებში მცხოვრებ და სოფლიდან ქალაქში მიგრირებულ უმუშევრებს.

სოციალური უზრუნველყოფის პრობლემები მჭიდროდაა დაკავშირებული სოციალურ-მწარმოებლური ხასიათის საწარმოების მხარდაჭერასთან.

საინვესტიციო მხრივაც რთული მდგომარეობაა, მთავარი მიზეზია საგრანტო დაფინანსების დაბალი დონე. რეგიონებში საინვესტიციო პროცესების რეგულირებისათვის წარმოიქმნება სამი აუცილებელი ასპექტი: რეგიონის ეკონომიკაზე უშუალო ზემოქმედების ხარისხი (ფინანსური, ადმინისტრაციული და სხვა ხასიათის); გრანტები ინვესტიცია; ინფორმაციული უზრუნველყოფა.

სასურველი საინვესტიციო კლიმატის შექმნისას ერთ-ერთი პრობლემა ეკონომიკურ-ინვესტიციური ხასიათის ინფორმაციით სარგებლობა.

სათანადო ინფორმაციული ცენტრის ფუნქციონირების საფუძველზე შეიძლება შედგეს ინვესტიციური რუკა და შესაბამისი რეგიონული საინვესტიციო პროგრამები.

## 2. ძირითადი ნაწილი

ბიუჯეტიდან ფულადი რესურსების გამოყენების პოლიტიკა უნდა იყოს კონცენტრირებული ორი მთავარი მიმართულებით: 1. სოციალური სფერო (საცხოვრებელი, ჯანდაცვა, განათლება, მეცნიერება, კულტურა); 2. ინფრასტრუქტურა (სატრანსპორტო გზები, კავშირგაბმულობა, ენერგეტიკა).

საქართველოს ეკონომიკას სჭირდება პრინციპულად ახალი მიდგომების ძიება როგორც რეგიონული, ისე მთლიანად ეკონომიკური პროცესების მართვაში. საბაზრო პირობების განვითარებაში აქტიურად მონაწილე ერთ-ერთი ეფექტური სტრუქტურაა სავაჭრო-სამრეწველო პალატა (სსპ).

სსპ-ის საქმიანობის პრიორიტეტული მიმართულებაა რეგიონული ბაზრების განვითარების სტიმულირება, *პალატას ქვეყნის მასშტაბით ყველაზე ფართო რეგიონული წარმომადგენლობა აქვს*, თუმცა ლოგისტიკის გარეშე სტიმულირების განხორციელება პრობლემურია, რადგან ლოგისტიკა განიხილება, როგორც რეგიონების სტრატეგიული განვითარების ინსტრუმენტი.

საქართველოს სავაჭრო-სამრეწველო პალატა არის საჯარო სამართლის იურიდიული პირი. პალატის საქმიანობა რეგულირდება საქართველოს კანონით „საქართველოს სავაჭრო სამრეწველო პალატის შესახებ“. აღნიშნული კანონი განსაზღვრავს საქართველოში პალატების საქმიანობას და საქართველოს სავაჭრო-სამრეწველო პალატას ანიჭებს საკანონმდებლო სფეროში საქმიანობის უფლებას, როგორც კანონპროექტების შედგენა, კანონებში ცვლილებების შეტანის რეკომენდაციები და ა.შ.

ლოგისტიკური პროცესების ინფორმაციულ-უზრუნველყოფის სისტემის (ლპიუს) ძირითად ელემენტებს მისი რეალიზაციის პირველ ეტაპზე უნდა წარმოადგენდეს:

- რეგიონებში მმართველი ორგანოების ინფორმაციული სისტემა (მოის);
- რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკური მონიტორინგის სისტემა;

- რეგიონული სატრანსპორტო ინფორმაციული სისტემა;

- რეგიონებზე ბუნებრივი რესურსების ინფორმაციული სისტემა.

ლოგისტიკური პროცესების ინფორმაციულ უზრუნველყოფი სისტემის დამხმარე ელემენტი უნდა გახდეს რეგიონების სოციალურ-ეკონომიკური მონიტორინგის ავტომატიზებული ინფორმაციული სისტემა, რომელიც გულისხმობს რეგიონებზე მუდმივი მეთვალყურეობის სისტემას, ძირითადი ბუნებრივი რესურსებისადმი, ეკონომიკისადმი და სოციალური მდგომარეობისადმი, მასში მოქცეული ტერიტორიებით (ქალაქებით, რაიონებით) იმ მიზნით, რომ სწრაფად მიიღონ ოპერატიული, ანალიტიკური და ანალიზური ინფორმაციები და შეფასებები ტერიტორიულ მართვაში გამოყენებისათვის როგორც მთლიანად რეგიონის მიხედვით, ისე მისი ცალკეული ქალაქების, რაიონებისა და დასახლებების მიხედვით.

**ლოგისტიკური პროცესების ინფორმაციულ-უზრუნველყოფი სისტემა რეგიონული განვითარების პროცესში**

მსოფლიოში მიმდინარე გლობალიზაციის ფონზე და საქართველოს გეოსტრატეგიული მდგომარეობიდან გამომდინარე, ქვეყნის ეკონომიკის განვითარება პირდაპირ კავშირშია სატრანსპორტო სექტორების გამართულ და ეფექტიან მუშაობაზე.

აღნიშნული სისტემის მიზანია ცალკეული ელემენტების საქმიანობის შედეგების ოპტიმიზაცია, ამიტომ ლოგისტიკურ სისტემაში მუდმივად უნდა მიმდინარეობდეს შეფერხებების მიზეზების ინიცირება და ანალიზი, რომელიც წარმოიშობა ლოგისტიკურ ჯაჭვში ნედლეულის, პროდუქციის, საქონლისა და მომსახურების მოძრაობისას.

ლოგისტიკის შესრულება დიდწილად დაკავშირებულია მიწოდების ჯაჭვის საიმედოობაზე, მწარმოებლებისა და ექსპორტიორების პროგნოზირებაზე. მიწოდებათა ჯაჭვი იმდენადაა ძლიერი, რამდენადაც მისი სუსტი რგოლია, სადაც ჩნდება მეტი და მეტი სირთულეები კრიტიკული კონკურენტუნარიანობიდან გამომდინარე.

ქვეყნის ლოგისტიკური ეფექტიანობის შესაფასებლად გამოყენება მსოფლიო ბანკის მიერ შემუშავებული ლოგისტიკური ინდექსი LPI (Logistics Performance Index).

ლოგისტიკური ინდექსი მსოფლიო ბანკის მიერ ორ წელიწადში ერთხელ ქვეყნდება და ეფუძნება საერთაშორისო, ეროვნული და რეგიონული ლო-

გისტიკური და სასაწყობო ოპერატორების, სატრანსპორტო-საექსპედიტორო კომპანიების მიერ შევსებულ კითხვარს. შეფასება ხდება 5-ბალიან სკალაზე (1 ქულა არის ძალიან ცუდი, ხოლო 5 ქულა – ძალიან კარგი). LPI ანალიზებს ქვეყანაში ექვს კომპონენტს:

1. საბაჟო და სასაზღვრო გაფორმების ეფექტიანობა (სისწრაფე, სიმარტივე და ფორმალობების აღქმადობა - პროგნოზირება);

2. სავაჭრო და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ხარისხი (პორტები, საჰაერო გზები, საავტომობილო გზები, ინფორმაციული ტექნოლოგიები);

3. ორგანიზაციული სიმარტივე, კონკურენტუნარიანი ფასები გადაზიდვებში;

4. ლოგისტიკური მომსახურების კომპეტენცია და ხარისხი (სატრანსპორტო ოპერატორები, საბირჟო ბროკერები);

5. ტვირთზე მომსახურების და კონტროლის შესაძლებლობა;

6. გადაზიდვის სიხშირე, რომლითაც მიმწოდებლები ტვირთის მიმღებთან დაგეგმილ დროში აღწევენ.

მსოფლიო ბანკის 2018 წლის კვლევის თანახმად, საუკეთესო ქვეყნის ათეული წარმოდგენილია ძირითადად მაღალი შემოსავლიანობის ქვეყნებით: გერმანია, ნიდერლანდები, შვედეთი, ბელგია, სინგაპური, გაერთიანებული სამეფო, იაპონია, ავსტრია, ჩინეთი, აშშ. მთლიანობაში გამოიკვეთა მაჩვენებლების გაუმჯობესების ტენდენცია, ამასთან დაბალი მაჩვენებლების მქონე ქვეყნებს ქულებში გამოხატული საერთო შეფასება უფრო სწრაფად ეზრდება, ვიდრე მაღალი მაჩვენებლების მქონე ქვეყნებს (2014 წლის კვლევის თანახმად, საუკეთესო ქვეყნის ათეული ასე გამოიყურებოდა: გერმანია, ნიდერლანდები, ბელგია, გაერთიანებული სამეფო, სინგაპური, შვედეთი, ნორვეგია, ლუქსემბურგი, აშშ, იაპონია). რაც შეეხება საქართველოს, ამავე კვლევის მიხედვით ის მსოფლიო რეიტინგში 167 ქვეყანას შორის 2.45 ქულით 124-ე ადგილს იკავებს. 2018 წელს 160 ქვეყანას შორის – 2,35 ქულით 135-ე ადგილს, 2016 წელს 160 ქვეყანას შორის – 2,32 ქულით 131-ე ადგილს.

საშუალო შემოსავლიანობის ქვეყნებში ინფრასტრუქტურა და საბაჟო კონტროლი, როგორც წესი, საკმაოდ კარგად ფუნქციონირებს.

მაღალი შემოსავლიანობის ქვეყნებში სულ უფრო აღიარებენ „მწვანე ლოგისტიკის“, ე.ი ეკოლოგიუ-

რად სუფთა ლოგისტიკური მომსახურების მნიშვნელობას და იზრდება მასზე მოთხოვნილება.

საქართველოს ლოგისტიკური სისტემის პრობლემური სეგმენტებია: სასაზღვრო პროცედურები, სატარიფო პოლიტიკა, ინფრასტრუქტურის ხარისხი, მომსახურების კომპეტენცია და ხარისხი.

ლოგისტიკის ეფექტიანობის მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება შესაძლებელია სასაზღვრო კონტროლის პროცედურების ეფექტიანობის ამაღლების ხარჯზე.

ეროვნულმა სატრანსპორტი სტრატეგიამ ხელი უნდა შეუწყოს პოლიტიკის პრინციპებისა და ინსტრუმენტების განსაზღვრას ფართო კონტექსტში, როგორცაა: სექტორის მართვა, სახელმწიფოს და კერძო სექტორის ფუნქციები, კონკურენციის ხარისხი, ტრანსპორტის სახეობებს შორის კოორდინაციისა და ინტეგრაციის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელი ინტერვენციების ტიპები, რეგულირების ხასიათი, გადაზიდვის ტარიფების განსაზღვრის შეთანხმებული პრინციპები.

საქართველოს სატრანსპორტო სფეროში ევროკავშირის დირექტივების მოთხოვნების ცხოვრებაში გატარება გადაუდებელი საქმეა და საჭიროა შესაბამისი მუშაობა არსებული გამოწვევების ღირსეულად გადაწყვეტისათვის.

„LPI გვეხმარება ჩვენი პოლიტიკის ფორმულირებისას ლოგისტიკის სფეროში, მიგვითითებს, თუ რომელი სექტორი და ფაქტორი უნდა გავაუმჯობესოთ, რათა გავზარდოთ ჩვენი კონკურენტუნარიანობა.

### 3. დასკვნა

ერთიანი სატრანსპორტო-ინფორმაციული სისტემის ჩამოყალიბების ძირითადი მიზანია სატრანსპორტო პროცესების ეფექტიანობის ამაღლება, რაც იმაში გამოიხატება, რომ მან ადმინისტრირება უნდა უზრუნველყოს მაქსიმალურად სრულყოფილი ინფორმაციით, მათი შესაძლებლობების გამოყენებისათვის, ყველა სახის სატრანსპორტო კომპლექსის მართვისათვის, კოორდინაციისათვის, ურთიერთსაქმიანობისა და განვითარებისათვის, რომლებიც ასრულებენ სატრანზიტო, ექსპორტი-იმპორტის შიგარეგონულ და რეგიონთშორის გადაზიდვებს.

სატრანსპორტო სისტემის უკეთ ფუნქციონირებისათვის ერთიან სატრანსპორტო-ინფორმაციულ სისტემაში უნდა ჩავრთოთ უახლესი ტექნოლოგიები, მონაცემთა შეკრებისა და გადაცემის საშუალებები, პროგრამული საშუალებები და მონა-

ცემთა ბანკი, ვინაიდან „ტრანსპორტისა და კავშირგაბმულობის დარგის რეგიონული განვითარების ანალიზი გვიჩვენებს უთანაბრობას მის განვითარებაში.

საქართველოს სატრანსპორტო სისტემა ახორციელებს შიგარეგონულ, რეგიონთშორის და ექსპორტი-იმპორტის გადაზიდვებს. სატრანსპორტო-ორგანიზაციული დარგების მართვა ხორციელდება სატრანსპორტო კომპლექსის ელემენტებით. ლოგისტიკური სერვისისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ რეკოლუციური ცვლილებები გამოიწვია წარმოებისა და დისტრიბუციის პროცესებში, რამაც განაპირობა გლობალური ბაზრის ჩამოყალიბება.

ერთ-ერთი ეკონომიკური პრობლემაა არსებულ პირობებში ექსპორტის მოცულობის ზრდა, ამასთან პროდუქციის, სატრანსპორტო მომსახურების, სატრანსპორტო სისტემის შიგა მოხმარებათა რაოდენობის ზრდა. ამ პრობლემის გადაწყვეტა რამდენიმე ამოცანასთანაა დაკავშირებული:

სატრანსპორტო გადაზიდვებში ადგილობრივი და უცხოელი კლიენტების რაოდენობის ზრდა. სატრანსპორტო სისტემის კონკურენტუნარიანობამ აზია-ევროპის ტრანზიტში მრავალი პრობლემა წარმოშვა. კონკურენტუნარიანობა განსაზღვრება ღირებულებით, გადაზიდვის სისწრაფით, ტვირთისა და მომსახურების შენახვა-შენარჩუნებით.

ტრანსპორტმა, როგორც ინფრასტრუქტურის ელემენტმა, მაქსიმალურად უნდა გამოიყენოს ყველა შესაძლებლობა, რომ შეძლოს თავისი წვლილის შეტანა ეკონომიკურ ზრდაში.

საერთო გამოცდილება და პრაქტიკა გვკარნახობს, რომ სატრანსპორტო ორგანიზაცია, რომელიც ცდილობს ინფორმაციული სისტემის განმტკიცებას, შეუძლია სატრანსპორტო კომპლექსის მართვის პროცესის ხარისხის გაუმჯობესება.

ბაზრის სტრუქტურულიდან ჩანს, რომ საავტომობილო გადაზიდვებს საქართველოში მეტად მაღალი პროცენტული წილი უჭირავს, რაც, ერთი მხრივ, იმით არის განპირობებული, რომ სარკინიგზო გადაზიდვების როლი თანდათანობით მცირდება. ამის ძირითადი გამოწვევი მიზეზი გადაზიდვების მაღალი ტარიფი, სარკინიგზო ტრანსპორტის არაეფექტიანობა და ინტერმოდალური ტერმინალების დეფიციტია, რაც კიდევ უფრო მოუქნელს და არაკონკურენტულს ხდის ქართულ რკინიგზას საავტომობილო ტრანსპორტთან შედარებით.

საქართველოს ლოგისტიკის ბაზარი მეტად ფრაგმენტულია. მის უმნიშვნელოვანეს ნაწილს

ექსპედიტორული კომპანიები წარმოადგენს, რომელთაც, ხშირ შემთხვევაში, არ გააჩნია საკუთარი სატრანსპორტო საშუალება და ლოგისტიკური ინფრასტრუქტურა.

სატრანსპორტო-ინფორმაციული სისტემები უნდა განთავსდეს რეგიონული ლოგისტიკური ცენტრის ქსელში, რომელიც დაეხმარება ერთიან სატრანსპორტო-ინფორმაციული სისტემის ლოგისტიკური დაგეგმვის პროცესს, ორგანიზებას და ტვირთის გადაზიდვას, სატრანსპორტო ნაკადის კონტროლს და შესატყვისი ინფორმაციის გადაცემას სატრანსპორტო სისტემის მდგომარეობაზე.

სატრანსპორტო-ინფორმაციული ლოგისტიკური ცენტრის ჩამოყალიბებისათვის ბაზად შეგვიძლია გამოვიყენოთ ნებისმიერი რეგიონული გამომთვლელი ან ინფორმაციული ცენტრი (სატრანსპორტო, ადმინისტრაციული, ექსპედიტორული) ტერმინალის სახით.

სატრანსპორტო-ლოგისტიკური ცენტრების მუშაობის ორგანიზაციულ-სამართლებრივ უზრუნველყოფას მხარი უნდა დაუჭიროს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრომ და სახელმწიფო საბაჟომ, ტვირთთან დაკავშირებული საბაჟო პროცედურის შემსუბუქებით, ელექტრონული ტექნოლოგიების განვითარებით, ინტერმოდალური და

მულტიმოდალური გადაზიდვების ხელშეწყობი ინფრასტრუქტურის შექმნით.

ერთიანი სატრანსპორტო-ინფორმაციული სისტემა უნდა ჩამოყალიბდეს რეგიონული ლოგისტიკური ცენტრების შექმნის ბაზაზე, რომლებიც ახორციელებენ პროცესის დაგეგმვას, ორგანიზებას და ასრულებენ ტვირთის გადაზიდვებს, კონტროლს სატრანსპორტო ნაკადზე და შესაბამის ინფორმაციას წარმოადგენენ სატრანსპორტო სისტემის მდგომარეობაზე.

### ლიტერატურა

1. გ. ტყემელაშვილი, გ. ხმაღაძე. ლოგისტიკის საფუძვლები. თბილისი, 2004.
2. ლ. ბოცვაძე, ო. გელაშვილი, მ. მებურიშვილი. სატრანსპორტო ლოგისტიკის საფუძვლები. თბილისი, 2013 წ. გვ. 25-43.
3. რ. ასათიანი. საქართველოს ეკონომიკა. თბილისი: „სიახლე“, 2012, 308 გვ.
4. Плотник Б.К. Введение в коммерцию и коммерческую логистику. СПб: Изд-во С.-петербург. Ун-та экономики и финансов, 1996. - 171 с
5. <http://www.gcci.ge>
6. <http://www.gslge.org/info.php?!d=18rj=ge>
7. <https://lpi.worldbank.org/international/aggregated-ranking>

---

UDC 330:625

## THE IMPACT OF INFORMATION LOGISTICS ON THE ECONOMIC SITUATION IN GEORGIA

Al. Kankadze, J. Kankadze, A. Tsulaia

Transport and Mechanical Engineering Management Department. Georgian Technical University. Str Costava 68b. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: Aleqsandregtu@gmail.com; annstsulaia@gmail.com

**Resume: Purpose.** The article states that socio-economic conditions must first be identified, which requires significant capital investment.

This problem affects the dynamics, structure and volume of both current and potential investments.

**Method.** Against the background of the current globalization in the world and due to the geostrategic situation of Georgia, the development of the country's economy is directly related to the smooth and efficient work of the transport sector.

The purpose of this system is to optimize the results of the activities of individual elements, so the logistics system must constantly initiate and analyze the causes of delays that arise during the movement of raw materials, products, goods and services in the logistics chain.

Significant improvements in logistics efficiency indicators at the expense of increasing the efficiency of possible border control procedures.

**Result.** The article of “The impact of information logistics on the economic situation in Georgia” describes that a strategy for the development of specific regions has not been developed so far.

Regarding the use of natural resources to solve environmental problems, an economic regulation system should be developed. For the regions it is necessary to create strategies for the development of the small or medium-sized attractions.

Noteworthy is the information support system for logistics processes in the regional development process.

Performance of the logistics is mostly related to supply chain reliability and forecasting of manufacturers and exporters.

The logistics market is very fragmented in Georgia.

**Conclusion.** In order for the transport system to function better, we need to incorporate the latest technologies, data collection and transmission facilities, software and data bank into a unified transport information system, as “regional development analysis of the transport and communications sector shows inequality in its development. The unified transport information system, the methodological basis of which is presented in the article, should be established on the basis of creating networks of regional logistics centers that plan, organize and execute cargo shipments, control traffic flows and provide relevant information on the state of the transport system.

**Key words:** Investments; Migration; Grant; Grants; Monitoring; Logistics; Globalization; Intermodal; Multi-modal.

---



უაკ 330:625

## ლოგისტიკის როლის კვლევა რეგიონალური ბაზრის პოლიტიკაში

ალ. კანკაძე, ჯ. კანკაძე, ა. წულაია, მ. მოისწრაფიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ტრანსპორტისა და მანქანათმშენებლობის მენეჯმენტის დეპარტამენტი, საქართველო 0160, თბილისი, კოსტავას 68<sup>ბ</sup>

E-mail: Aleqsandregtu@gmail.com; annstsulaia@gmail.com

**რეზიუმე:** მიზანი. სსრკ-ის დანგრევის შემდეგ ბევრმა ქვეყანამ განიცადა ცვლილება, რაც დაკავშირებული იყო სამეურნეო პრაქტიკაში ტექნოლოგიების დანერგვასთან, რომელიც ემყარება როგორც მატერიალურ-ტექნიკურ უზრუნველყოფას, ისე ტრანსპორტს და უახლეს ტექნოლოგიურ განვითარებას.

**მეთოდი.** განიხილება ტერმინი „ლოგისტიკა“, მისი განვითარება და მომსახურების სფეროები. ევროპის ლოგისტიკის ასოციაციის განმარტებით, ლოგისტიკა არის მატერიალური და მისი შესაბამისი ნაკადების მოძრაობის პროცესის დაგეგმვა, ორგანიზაცია, შესრულება და კონტროლი შესყიდვის მომენტიდან, წარმოებისა და საქონელმომრავლის ჩათვლით, საბოლოო მომხმარებელამდე, ბაზრის მოთხოვნების უკეთესად დაკმაყოფილების მიზნით, მინიმალური დანახარჯებით და საშუალებების რაციონალური გამოყენებით.

სამხედრო საქმეში ლოგისტიკას მიაკუთვნებენ არა მარტო მომარაგების საკითხებს, არამედ საბრძოლო ნაწილების სწრაფ, საომარი ამოცანების შესაბამის გადაადგილებას.

**შედეგი.** მოცემული ნაშრომი თანამედროვე ეტაპზე მნიშვნელოვანია, ხელს უწყობს როგორც სხვადასხვა ქვეყნის, ისე ცალკეულ რეგიონებს შორის სავაჭრო-ეკონომიკური, კულტურულ-პოლიტიკური, სამეცნიერო-ტექნიკური ინტეგრაციის გაღრმავებას და სხვა კავშირურთიერთობათა გაფართოებასა და განმტკიცებას.

გადმოცემულია საქართველოს სატრანსპორტო სისტემის როლი და ადგილი ეკონომიკაში. ლოგისტიკური ფირმების ინფორმაციული უზრუნველყოფის მდგომარეობა და მისი როლი რეგიონალური ბაზრის პოლიტიკაში.

**დასკვნა.** მოცემულ ნაშრომში გადმოცემულია ლოგისტიკის როლის კვლევა რეგიონალური ბაზრის პოლიტიკაში. მისმა განვითარებამ, სამხედრო საქმით დაწყებული, მთლიანად მოიცვა ყოველგვარი საქმიანობა და განსაკუთრებით ეკონომიკა. ლოგისტიკის გამოყენება შესაძლებლობას გვაძლევს, წარმატებით გადავწყვიტოთ ნებისმიერი დო-

ნის პრობლემები, რომლებიც დაკავშირებულია მატერიალურ და საინფორმაციო ნაკადებთან.

ეფექტიანობის ასამაღლებლად ინფორმაციული სისტემის გამოყენება მიიღწევა გამჭოლი (პირდაპირი) გზით და ინფორმაციული სისტემის ერთობლიობით, რომელიც საშუალებას იძლევა ავიცილოთ დუბლირება და ინფორმაციის მრავალჯერადი გამოყენება.

**საკვანძო სიტყვები:** ლოგისტიკა; ეკონომიკა; ინფორმაციული სისტემა; მონაცემთა ნაკადები; ინტეგრირება.

### 1. შესავალი

ტერმინი „ლოგისტიკა“, რომელიც ჩვენი საუკუნის დასაწყისამდე ცნობილი იყო მხოლოდ სპეციალისტთა ვიწრო წრისათვის, დღეს ფართოდ ვრცელდება. ლოგისტიკის ცნების გამოყენება ეკონომიკაშიც დაიწყო. ისტორიულად ლოგისტიკა ვითარდებოდა, როგორც სამხედრო დისციპლინა. ამ სფეროსათვის ეს ტერმინი ცნობილია ძვ.წ. IX საუკუნეში (ბიზანტია), რომელიც ძირითადად ზურგის კარგად მუშაობას ნიშნავდა (სამხედრო მომსახურეთა ზურგი – შეიარაღებული ძალების შემადგენელი: სამხედრო შენაერთების, ნაწილების, ქვედანაყოფების, დაწესებულებების ერთობლიობა, რომლებიც ახორციელებენ შეიარაღებული ძალების და ფლოტის უზრუნველყოფას ცხოვრებისა და საბრძოლო საქმიანობისათვის ყველა აუცილებელი საშუალებით), შეიარაღებული ძალების ყველა აუცილებელი საშუალებით უზრუნველსაყოფად, ე.ი. ნიშნავდა მუშაობას, რომელიც საბრძოლო წარმატების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია.

ევროპის ლოგისტიკის ასოციაციის (ელა) განმარტებით, ლოგისტიკა (ფართო გაგებით) არის მატერიალური და მისი შესაბამისი ნაკადების მოძრაობის პროცესის დაგეგმვა, ორგანიზაცია, შესრულება და კონტროლი შესყიდვის მომენტიდან, წარმოებისა და საქონელმომრავლის (ტრანსპორტირება და სასაწყობო მეურნეობა) ჩათვლით, საბოლოო მომხმარებელამდე, ბაზრის მოთხოვნების უკეთესად დაკმაყოფილების მიზნით, მინიმალუ-

რი დანახარჯებით და საშუალებების რაციონალური გამოყენებით.

ლოგისტიკის გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა წარმატებით გადავწყვიტოთ ნებისმიერი დონის პრობლემა, რომელიც დაკავშირებულია მატერიალურ და საინფორმაციო ნაკადებთან.

სამხედრო სფეროში ლოგისტიკას მიაკუთვნებდნენ არა მარტო მომარაგების საკითხებს, არამედ საბოლოო ნაწილების სწრაფ, საომარი ამოცანების შესაბამის გადაადგილებას.

## 2. ძირითადი ნაწილი

სიტყვა „ლოგისტიკა“ ბერძნული წარმოშობისაა და ყველა ევროპულ ენაში იხმარება. ძველ საბერძნეთში ის აღნიშნავდა გამოანგარიშების, მსჯელობის ხელოვნებას.

ლოგისტიკა გამოიყენებოდა მეორე მსოფლიო ომის დროსაც ამერიკული მენეჯმენტის მიერ მოკავშირეთა მომარაგების პროცესში. დღეს კი ლოგისტიკა გვხვდება საქმიანობის თითქმის ყველა სფეროში.

სამხედრო სფეროს გარდა, ლოგისტიკის განვითარების მეორე მიმართულებაა ეკონომიკური მიმართულება, რომელშიც ლოგისტიკა იგულისხმება როგორც მეურნეობრიობის სამეცნიერო-პრაქტიკული მიმართულება და გამოიხატება წარმოებისა და მომსახურების სფეროში, მატერიალური და მასთან დაკავშირებული ინფორმაციული და ფინანსური ნაკადების ეფექტიან მართვაში.

ლოგისტიკა შეისწავლის და ორგანიზაციას უკეთებს მატერიალური და ინფორმაციული ნაკადების ეფექტიანად მართვის პროცესებს მომხმარებლის პროდუქციით დაკმაყოფილებისა და მომსახურების ფორმების სრულყოფის მიზნით. ეკონომიკური საქმიანობა მჭიდროდ არის დაკავშირებული მატერიალური ნაკადების მოძრაობასთან: წარმოება შეისყიდის ნედლეულს – დაკომპლექტებულს და ნახევარფაბრიკატს, ორგანიზაციას გაუკვეთებს მათ მიწოდებას, შენახვას და შეკვეთის უზრუნველყოფას. რამდენადაც მატერიალური ნაკადის კოორდინაცია დაკავშირებულია ინფორმაციის მიღებასთან, დამუშავებასა და შესაბამისი გადაწყვეტილების მიღებასთან, ამდენად აუცილებელია ლოგისტიკური ინფორმაციული სისტემების ორგანიზაცია. ნაკადის ეს მოძრაობა მოითხოვს აგრეთვე ფინანსურ უზრუნველყოფას.

70-იანი წლების ბოლოს შეიმჩნეოდა წარმოების ტემპის ზრდის შემცირების ტენდენცია. წარმოება გახდა ზედმეტად დამოკიდებული მასზე, ვინც დაბალ ფასში იძლეოდა ნედლეულს.

90-იანი წლების დასაწყისში მსოფლიო ბაზარზე კრიზისმა გამოიწვია ინფლაციის ზრდა, რის გამოც ზოგიერთი ქვეყნიდან შემცირდა ექსპორტი და იმპორტი. ამავე დროს განვითარდა წარმოების ზრდის ახალი ტექნოლოგიები.

დაწესებულების დაინტერესებამ, გაეზარდა წარმოების მოცულობა, გამოიწვია კონკურენცია გასაღებაში და მოითხოვა მარკეტინგსა და ლოგისტიკაზე ყურადღების მიქცევა.

ფართო მოხმარების საქონლის შემენისას კლიენტის მომსახურების დონე განისაზღვრება ლოგისტიკის ეფექტიანობით.

ლოგისტიკის ობიექტზე დაკვირვება შეიძლება სხვადასხვა თვალსაზრისით: მარკეტოლოგის, ფინანსისტის, მენეჯერის, წარმოების მართვის პოზიციით და სხვა.

ლოგისტიკა არის მოთხოვნილების განსაზღვრის მეცნიერება და ხელოვნება, ასევე ამ მოთხოვნილების დაკმაყოფილების უზრუნველყოფა მთლიანი სამუშაო ციკლის შემცველობის განსაზღვრის საფუძველზე.

გარდამავალი პერიოდისათვის რეგიონალური ეკონომიკის მართვის პრობლემა გამწვავდა. მთავარ ამოცანად გვევლინება ახალი ტიპის ლოგისტიკური სისტემის მოდელის შექმნა, რომელიც ბაზარზე იქნება ორიენტირებული.

საბაზრო ეკონომიკურ სისტემაში ლოგისტიკური მართვა გვთავაზობს მკაფიო, გარკვეულ სტრუქტურას, აღწერს ნაკადების ლოგისტიკური მართვის სისტემას.

საბაზრო სისტემების ძირითადი სტრუქტურაა მიწის, რესურსების და სამუშაო ძალის მესაკუთრეები, ამავდროულად ისინი არიან მზა პროდუქციისა და მომსახურების მომხმარებლები. ამ სტრუქტურაში შემავალი სუბიექტები ბაზარს სთავაზობენ თავიანთ რესურსებს შესაბამისი ანაზღაურებით, მზა პროდუქციისა და მომსახურების შესაქმნელად.

ლოგისტიკური სისტემის ელემენტებს შორის ინფორმაცია ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია. ინფორმაცია განიხილება, როგორც ელემენტი, მთლიანი ლოგისტიკური სისტემის დონეზე.

რეგიონალური მართვის ორგანოების მიერ მიღებული ფულადი საშუალებები გადასახადების სახით ნაწილდება საწარმოო საშუალებებზე, მზა პროდუქციასა და რეგიონის განვითარებაზე. ნაწილი ფულადი საშუალებებისა მიმართულია ადმინისტრაციული ხარჯებისაკენ, ინფრასტრუქტურის განვითარებისაკენ, განათლებასა და სხვადასხვა კომპლექსურ პროგრამაზე. გარდა ამისა, ნაწილი ფუ-

ლადი საშუალებებისა იხარჯება სოციალურ პროგრამებზე, მეცნიერებასა და ჯანდაცვაზე.

თანამედროვე წარმოებაში ინფორმაციული უზრუნველყოფის როლი გაიზარდა, ის შედგება ინფორმაციის შეგროვებისა და დამუშავებისაგან, რაც აუცილებელია სწორი საფუძვლიანი მმართველობითი გადაწყვეტილებების მიღებისთვის, წარმოების მართვის დონის ამაღლებისა და ქვედანაყოფს შორის, თანამედროვე ელექტრონულ-გამოთვლითი ტექნიკის საშუალებებით, ინფორმაციის გაცვლისათვის.

ინფორმაციული ბაზის გლობალიზაცია ფირმებსა და ტრანსნაციონალურ კორპორაციებს საშუალებას აძლევს მსოფლიო მასშტაბით აწარმოონ საქმეები, შეასრულონ მომგებიანი ოპერაციები, ეფექტიანად გამოიყენონ ბაზრის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაცია.

### 3. დასკვნა

ეფექტიანობის ასამაღლებლად ინფორმაციული სისტემის გამოყენება მიიღწევა გამჭოლი (პირდაპირი) გზით და ინფორმაციული სისტემის ერთობლიობით, რომელიც საშუალებას იძლევა ავიცილოთ დუბლირება და უზრუნველვყოთ ინფორმაციის მრავალჯერადი გამოყენება. ამასთანავე შესაძლებელია დავადგინოთ ინტეგრირებული კავშირების განსხვავება, რაც სწრაფად ამაღლებს მაჩვენებელთა რაოდენობას და ინფორმაციული ნაკადების მოცულობას, ინფორმაციის გამოყენების ხარისხს და დამაჯერებლობას.

ინფორმაციული ლოგისტიკა ღონისძიებათა კომპლექსური სისტემაა, რომელიც მიმართულია ინფორმაციის ნაკადების მართვაზე, მისი მინიმალური შეფერხებით მოძრაობაზე. ამავდროულად ორგანიზებას უკეთებს მონაცემთა ნაკადს მატერიალურ ნაკადთან ერთად და გვევლინება სამეწარმეო რგოლის განმახორციელებლად, რომელიც აკავშირებს მომარაგებას, წარმოებას და გასაღებას.

ოპერატიული ინფორმაციული სისტემა არის დროში განსაზღვრული სამუშაო რეჟიმი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მიღებული ინფორმაცია ტვირთის მოძრაობაზე გადავამუშაოთ მიმდინარე დროში და მოვახდინოთ ადმინისტრაციული და მმართველობითი ზემოქმედება ობიექტზე.

შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ რეგიონალური ბაზარი არის მაკროლოგისტიკური სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ნაკადური პროცესის ორგანიზების შესწავლას და რეგულირებას, შეუძლია რეგიონალურ დონეზე არსებითად აამაღლოს რეგიონის ეკონომიკური სისტემის სოციალური და ეკონომიკური ფუნქციონირების ეფექტიანობა.

კაპიტალის მიმოქცევაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფასიანი ქაღალდების ბაზარი. სწორედ ეს ბაზარი იძლევა ინტერესებისა და საკუთრების ეფექტიანად გამოყენების საშუალებას. ის არის, როგორც ინდიკატორი, მეტ-ნაკლებად მომგებიანი სფეროების განსაზღვრელი.

### ლიტერატურა

1. გ. ტყეშელაშვილი, გ. ხმაღაძე. ლოგისტიკის საფუძვლები. თბილისი, 2004.
2. ლ. ბოცვაძე, ო. გელაშვილი, მ. მეტურიშვილი. სატრანსპორტო ლოგისტიკის საფუძვლები. თბილისი, 2013 წ. გვ. 25-43.
3. ბ. გითოლენდია. საქართველოს სატრანსპორტო დერეფნის განვითარების ეკონომიკური პრობლემები და მათი გადაჭრის მიმართულებები. თბილისი, 2011 წ. გვ 17-35.
4. რ. ასათიანი. საქართველოს ეკონომიკა. გამომცემლობა „სიახლე“. თბილისი, 2012, 308 გვ.
5. Плотник Б.К. Введение в коммерцию и коммерческую логистику. СПб: Изд-во С.-петербург. Ун-та экономики и финансов 1996. - 171 с.
6. <http://www.gcci.ge>
7. <http://www.gslge.org/info.php?!Jd=18rj=ge>

UDC 330:625

## THE RESEARCH OF THE ROLE OF LOGISTICS IN THE REGIONAL MARKET POLICY

Al. Kankadze, J. Kankadze, A. Tsulaia, M. Moiscrafishvili

Transport and Mechanical Engineering Management Department. Georgian Technical University. Str Costava 68b. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: Aleqsandregtu@gmail.com; annstsulaia@gmail.com

**Resume: Purpose.** After the collapse of the USSR, many countries underwent a change that was related to the introduction of technology in agricultural practice, which is based on both material and technical support, as well as transport and the latest technological development.

**Method.** Discusses the term "logistics" and its development in its service areas. According to the European Logistics Association, logistics is the process of planning, organizing, executing and controlling the movement of material and related flows and from the moment of purchase to production and movement of goods, to the end user, to better meet market needs, with minimal costs and rational use of resources.

Logistics in military affairs is attributed not only to supply issues, but also to the rapid movement of combat units in accordance with military tasks.

**Result.** The work "The research of the role of logistics in the regional market policy" at the present stage is important for the expansion and strengthening of the trade-economic, cultural-political, scientific or technical integration and for other relations between different countries or regions.

It discusses the role and place of the Georgian transport system in the economy. Also, the state of information provision of logistics and its role in regional market policy.

**Conclusion.** This paper presents a study of the role of logistics in regional market policy. Its development, starting with military affairs, covered all activities and especially the economy. The use of logistics allows us to successfully solve any level of problems related to material and information flows.

The use of information system to increase efficiency is achieved through transparent (direct) ways and a combination of information system, which allows to avoid duplication and multiple use of information.

**Key words:** logistics; economics; information system; data flows; integration.

---

## უპკ 666.762.93

**β-SiAlON-ური ნანოკომპოზიტის მიღება ალუმინოთერმული და აზოტირების მეთოდით**  
**ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიყარაძე, გ. ტაბატაძე, მ. შვილდაძე, ზ. მესტვირიშვილი, ნ. დარაზველიძე,**

**მ. ბალახაშვილი, ვ. ქინქლაძე**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების ტექნოლოგიის ინსტიტუტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი. საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: kowsiri@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. კომპოზიტის მიღება SiAlON-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სისტემაში და მისი თვისებების შესწავლა. მეთოდი. კომპოზიტის მიღება მეტალოთერმული და აზოტირების მეთოდით. სიალონი, იგივე სილიციუმ-ალუმინის ოქსინიტრიდი ტექნიკური კერამიკის უმნიშვნელოვანესი მასალაა. მაღალი საექსპლუატაციო თვისებების გამო სუპერკერამიკასაც უწოდებენ. სიალონის შემცველი კომპოზიტი მიღებულია ალუმინოთერმული პროცესით, რეაქციული შეცხოების მეთოდით აზოტის გარემოში, ალუმინსილიკატური ნედლეულის (კაოლინი პროსიანაია და პოლოვის ცეცხლგამძლე თიხა – უკრაინა), ალუმინის ოქსიდის ნანოფხვილის (“ALCOA” გერმანია), მეტალური სილიციუმისა და ალუმინის ნანოფხვილის ნარევის საგან, მინისებრი (96 მას% მინა) არაგაცის პერლიტის (სომხეთი) მცირე დანამატებით. ამ მეთოდის უპირატესობა ის არის, რომ ალუმინსილიკატური ნედლეული თერმული დამუშავების პროცესში იშლება და ამავდროულად მიმდინარეობს ალუმინოთერმული ნიტრირების პროცესი. ამ დროს ახლად წარმოქმნილ β-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> კრისტალურ მესერში უფრო ადვილად ხდება AlN-ისა და Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის გახსნა, რაც განაპირობებს β-SiAlON-ის წარმოქმნას შედარებით დაბალ, 1250-1300°C ტემპერატურაზე.

**შედეგი.** მიღებულია კორუნდ-სიალონური კომპოზიციური მასალა რეაქციული შეცხოებით 1450°C ტემპერატურაზე. კომპოზიტში კორუნდისა და სიალონის ფაზები დადასტურებულია რენტგენოფაზური, სპექტრული და ელექტრონულ-მიკროსკოპული ანალიზებით. კონსოლიდირებული ნიმუშების მისაღებად რეაქციული შეცხოების შედეგად მიღებული მასალა, ატრიტორში გადაფქვის (ორჯერ 8-8 წუთი) შემდეგ, დაექვემდებარა ცხლად დაწნეხას 30 MPa წნევისა და 1600<sup>o</sup>-1650°C ტემპერატურის პირობებში, 40 წუთის განმავლობაში, გაჩერებით საბოლოო ტემპერატურაზე – 8 წთ. მიღებული ნიმუშების ფაზური შედგენილობა ცხლად დაწნეხის შემდეგ უცვლელი დარჩა, სიმკვრივემ მოიმატა და საერთო ფორიანობამ 1650°C-ზე შეადგინა 0.13 მას.%, შესაბამისად გაიზარდა მექანიკური თვისებების რიცხვითი მაჩვენებლები: σ<sub>კუმ.</sub> - 1923 MPa; σ<sub>ლწ.</sub>- 470 MPa; HV-19 GPa.

**დასკვნა.** მიღებული კორუნდ-სიალონური კომპოზიტი თავისი ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებებით (ფორიანობა 0-1%; სიმკვრივე – 3,21g/sm<sup>3</sup>; σ<sub>press.</sub> – 1923 MPa; σ<sub>bend.</sub>- 470 MPa; HV – 19 GPa; დინამიკური სისალე – 3214 N/mm<sup>2</sup>). ქიმიური მდგრადობა მყავას მიმართ (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> p=1,84) – 99,3%) რეკომენდებულია ჯავშანტექნიკაში, თერმოწყვილის დამცავ გარსა-მებად გამღვალ ლითონებში, ტემპერატურის გაზომვისას როგორც მაღალტემპერატურული ამონაგი ლუმლებში, ისე ლითონდამმუშავებელ მჭრელ მასალად სუფთა დამუშავების ოპერაციებში.

**საკვანძო სიტყვები:** SiAlON; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ალუმინ-თერმული პროცესები; აზოტის გარემო; კომპოზიტი.

## 1. შესავალი

სიალონების რამდენიმე ტიპი არსებობს: α; β; X; O1; H; R [1-5]. მათი გამოყენება დამყანგავ გარემოში შეიძლება 1300°C ტემპერატურამდე და დამცავ გარემოში 1800°C-მდე [5-7]. სიალონები, ამ მრავალფეროვანი ტიპებიდან, ძირითადად, სამი ფაზის სახით არსებობს: α-, β-სიალონების და აგრეთვე ამორფული ან ნაწილობრივ დაკრისტალებული მარცვლების საზღვრებზე. A და β კატეგორიის სიალონები ხასიათდება უნიკალური შეხამებით, უფრო მაღალი სისალით ჩვეულებრივ სილიციუმის ნიტრიდთან შედარებით და ასევე მაღალი სიმტკიცით. α-სიალონის ფაზა ხასიათდება უფრო მაღალი სისალით, ვიდრე β- სიალონის. β- სიალონი, როგორც ჩვეულებრივი სილიციუმის ნიტრიდი, ხასიათდება უფრო მაღალი დარტყმითი სიბლანტით. კერამიკა ზოგადად მაღალი სისალითა და ცვეთამდეგობით ხასიათდება, მაგრამ მსხვრევადია, ამიტომ ჩვენი ყურადღება უფრო აქცენტირებული იყო β- სიალონის ფაზისკენ, რომ მიგველო შედარებით მაღალი დარტყმითი სიბლანტისა და ბზარმდეგობის მქონე კომპოზიტი. სწორედ ამიტომ შევარჩიეთ ალუმინსილიკატური ნედლეულის გამოყენებით კომპოზიტის მიღება რეაქციული შეცხოებით აზოტის გარემოში ალუმინოთერმული მეთოდით, რომელიც უზრუნველყოფს β- სიალონის

ფაზის წარმოქმნას უფრო დაბალ ტემპერატურაზე, ვიდრე სხვა მეთოდების გამოყენებისას [8-24].

## 2. ძირითადი ნაწილი

1-ელ ცხრილში მოცემულია საკვლევი ობიექტის მატერიალური შედგენილობა.

პოლოგის თიხის ქიმიური შედგენილობა შემდეგია (მას.%): SiO<sub>2</sub>-47.92, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-35.20, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2.06,

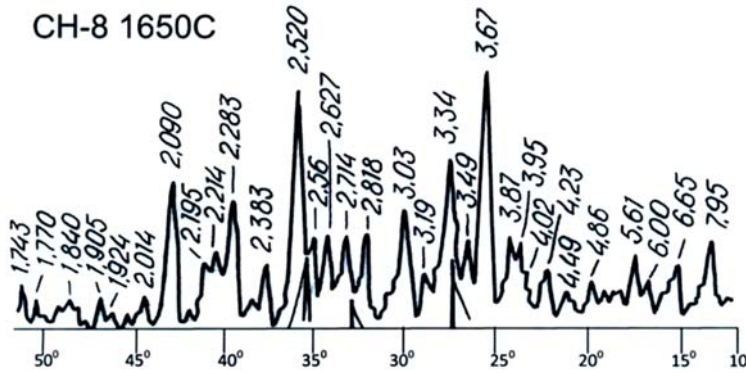
CaO-0.40, MgO-0.30, ხურებიითი დანაკარგი-12.24. ცეცხლგამძლეობა 1710-1730°C.

კაოლინის ქიმიური შედგენილობა: (მას.%): SiO<sub>2</sub>-46.45, TiO<sub>2</sub>-0.33, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-38.70, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0.46, MgO-კვალი, CaO-0.36, Na<sub>2</sub>O-0.45, K<sub>2</sub>O-0.60, ხ.დ. – 13.63. ცეცხლგამძლეობა – 1770°C

კომპოზიტის მიღების დეტალური აღწერა მოცემულია ნაშრომებში [8-24]. ცხლად წნეხის შემდეგ კონსოლიდირებული ნიმუშის ფაზური ანალიზი წარმოდგენილია 1-ელ სურათზე.

ცხრილი 1

CN-8 კომპოზიტის მატერიალური შედგენილობა, მას. %								
დასახელება	გეოპოლიმერი		Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si	პერლიტი (სომხეთი)	MgO	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	კაოლინი პროსიანაია (უკრაინა ც/გ)	პოლოგის თიხა						
CN-8	13.9	4.63	23.15	27.78	25.00	2.78	0.92	1.8



სურ. 1. ცხლად წნეხით მიღებული CN-8 კომპოზიტის X-ray

1-ლი სურათიდან ჩანს, რომ CN-8 კომპოზიტის რენტგენოგრამაზე გამოკვეთილია სიალონის დამახასიათებელი რეფლექსები – d<sub>hkl</sub> : 6,65; 5,45; 3,87; 3,67; 2,520; 2,21; ასევე ფიქსირდება კორუნდის დამახასიათებელი დიფრაქციული მაქსიმუმები – d<sub>hkl</sub> :3,49; 2,52; 2,36; 2,09, რომელიც შევიყვანეთ კაზში სიალონური ფაზის განსამტკიცებლად.

შესწავლილ იქნა მიღებული ნიმუშების ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები. შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

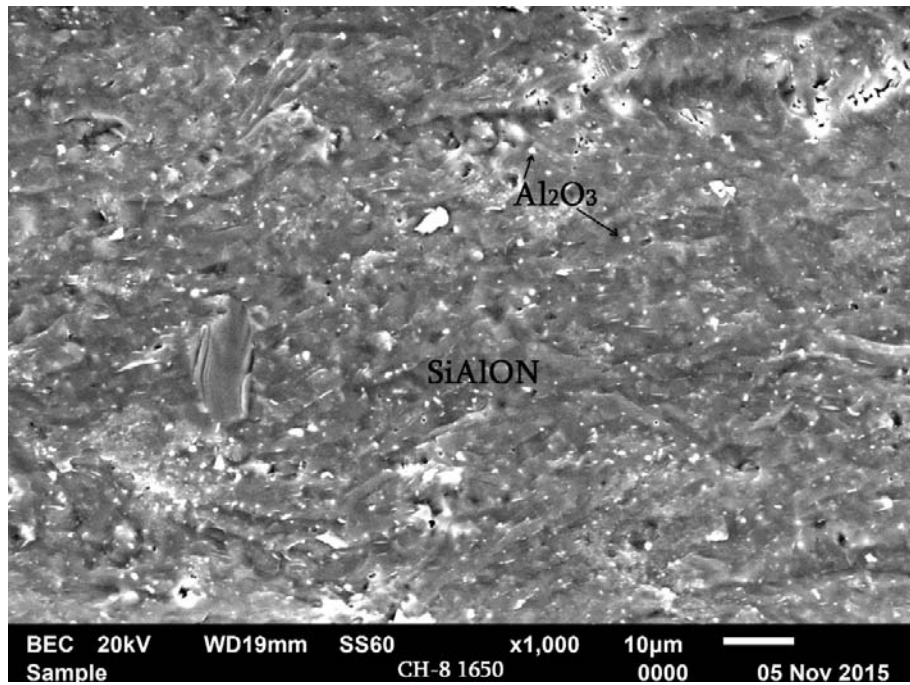
ნიმუშების ფორიანობა და სიმკვრივე განისაზღვრა ჰიდროსტატიკური აწონის მეთოდით, ხოლო

სიმტკიცე კუმშვისა და ღუნვისას 2054 p5 მარკის გამჭიმავ მანქანაზე. მიღებული შედეგები (ცხრილი 2) გვაძლევს იმის თქმის საშუალებას, რომ ცხელი წნეხით 1650°C ტემპერატურაზე და 30 მპა წნეხით ჩვენ მიერ შერჩეული შემადგენლობის კომპოზიტის მიღებული ნიმუშები კონსოლიდირებულია და ფაზური შედგენილობაც დასახულ მიზანს ეთანადება, რასაც ელექტრონულ-მიკროსკოპული კვლევაც ადასტურებს. მე-2 სურ-ზე წარმოდგენილია 1650°C ტემპერატურაზე მიღებული CN-8 კომპოზიტის ტეხის ელექტრონულ-მიკროსკოპული გამოსახულება.

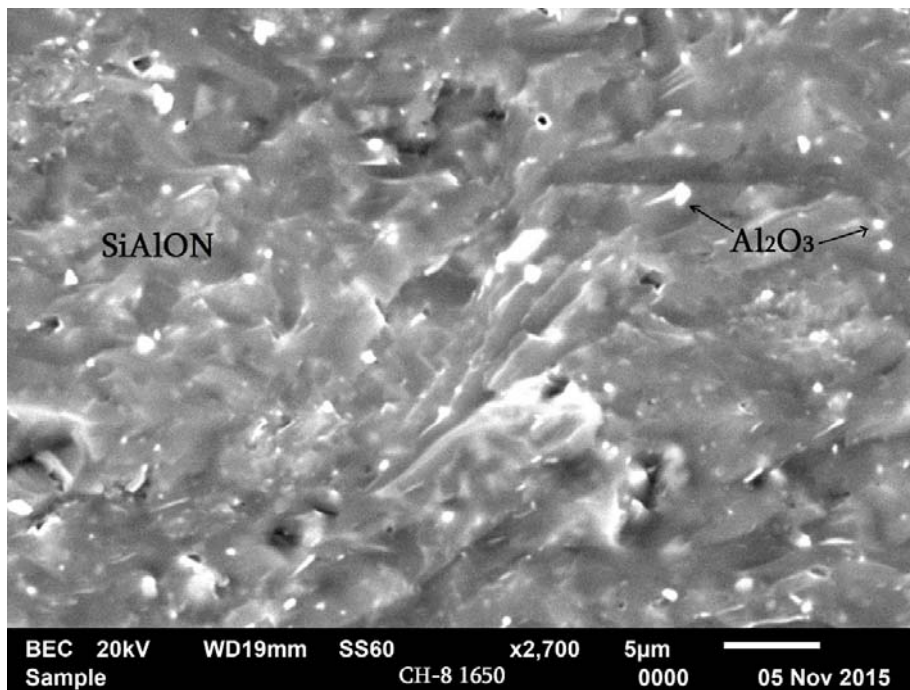
ცხრილი 2

ცხელი წნეხით 1600 და 1650°C ტემპერატურაზე მიღებული CN-8 კომპოზიტის ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები

კომპოზიტის დასახელება	ღია ფორიანობა w, %	საერთო ფორიანობა, Π, %	სიმკვრივე ρ, g/sm <sup>3</sup>	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას, σ <sub>press.</sub> MPa	სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას, σ <sub>bend.</sub> MPa	სისაღე ვიკერსით HV, GPa
CN-8 (1600°C)	0,7	2,49	3,17	1614	456	16
CN-8 (1650°C)	0,01	0.13	3,21	1923	470	19

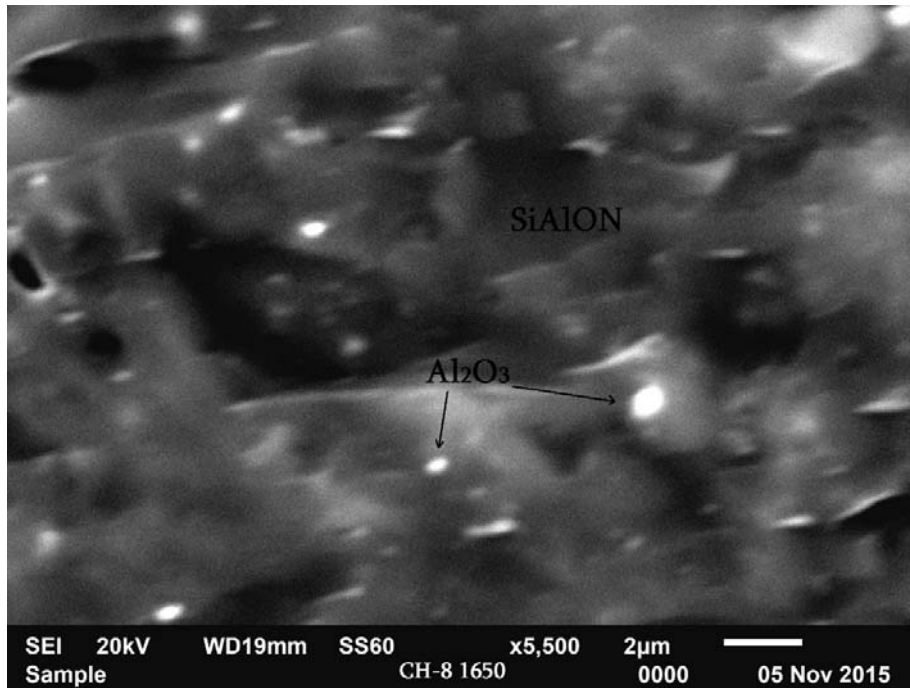


s)

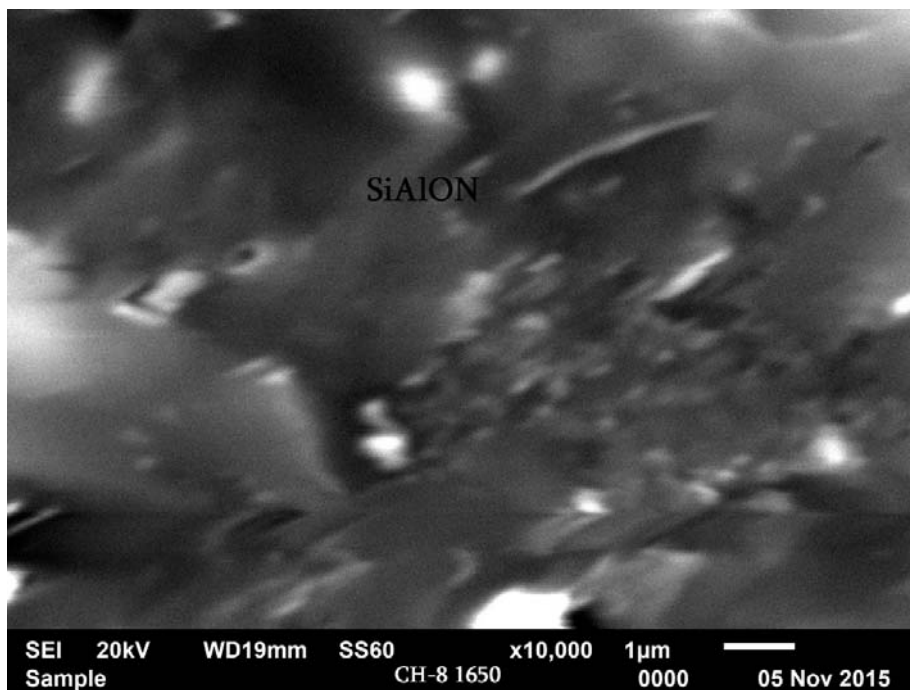


δ)





ბ)



დ)

სურ. 2. 1650°C ტემპერატურაზე მიღებული CN-8 კომპოზიტის ტების ელექტრონულ-მიკროსკოპული სურათები



როგორც მე-2 სურ-დან ჩანს, კომპოზიტი შედგება ორი მყარი ფაზისაგან: სიალონის მატრიცაში განლაგებული კორუნდის უწყვილესი მარცვლებისგან, ფორიანი ფაზა წარმოდგენილია ასევე მცირე რაოდენობის წვრილი ფორებით.

ტეხის სურათებიდან კარგად ჩანს, რომ მასალას აქვს დაშლის პლასტიკური ხასიათი, ბზარი წარმოიქმნება სიალონის ფაზაში და მისი გავრცელება შეზღუდულია როგორც სიალონით, ისე კორუნდის უწყვილესი ნაწილს მარცვლებით.

ფორები ძირითადად მომრგვალებულია, გაანგარიშებულია ფორების საშუალო დიამეტრი

(ცხრილი 3). დახურული ფორების საერთო მოცულობა 1,58%-ს აღწევს და მცირედ განსხვავდება ჰიდროსტატიკური მეთოდით განსაზღვრული ფორების რაოდენობისაგან, რაც უნდა მივაწეროთ თითოეული მეთოდით ფორიანობის გაზომვის ცდომილებას. გამჭოლი და ნახევრად გამჭოლი ფორები მატრიცაში არ აღინიშნება. მორფოლოგიური სურათებიდან გამომდინარე, ფორების გადანაწილება მასალაში არის თანაბარსა და არათანაბარს შორის. მივიჩნით, რომ ფორების მატრიცაში გადანაწილების ფაქტორი ზ. კოვზირიძის ფორმულის მიხედვით იქნება: 0.9 [25].

ცხრილი 3

**ფორიანი ფაზის ანალიზი**

კომპო- ზიტი CN-8	მხედველობის არე S, $\mu\text{M}^2$	დათვლილი ფორების რიცხვი, n	უდიდესი ფორის Dmax. $\mu\text{M}$	უმცირესი ფორის Dmin. $\mu\text{M}$	ფორების Dmid. $\mu\text{M}$	ფორების შემცველობა, %
	345	8	2.0	0.2	0,4	1,98
	345	10	2.0	0.15	0,38	1,17
საშ.	345	18	2,0	0,15	0,4	1.58

ჩვენ გამოვიყენეთ ზ. კოვზირიძის ფორმულა, მიღებული კომპოზიტის მაკრომექანიკური თვისებების მატრიცაში ფორიან ფაზაზე დამოკიდებულების გამოთვლისათვის:

$$\sigma_{m/p} = \frac{P}{P_m \cdot F_p \cdot P_d \cdot P_{vol}}$$

სადაც P არის დატვირთვა, MPa;  $F_p$  – ფორის ფორმის ფაქტორი;  $P_d$  – მატრიცაში ფორების განაწილების ფაქტორი. აღნიშნული სიდიდე 1-ის ტოლია, მისი მნიშვნელობის შეფასება დამოკიდებულია მკვლევარზე, გამომდინარე მორფოლოგიური სურათიდან. იმის მიხედვით, თუ როგორ არის ფორები მასალაში განაწილებული და რა ზომისაა, ფაქტორის სიდიდე შესაძლებელია იცვლებოდეს 1-დან 0.8 მათამდე. თუ ფორები თანაბრად არის მატრიცაში განაწილებული და დაახლოებით ერთი ზომისაა, ფაქტორი იქნება 1-ის ტოლი. ფაქტორი ტოლია 0.9-ის იმ შემთხვევაში, თუ ფორების განაწილება არათანაბარია და ბოლოს 0.8-ის ტოლია, თუ ფორების კოალესცენციის<sup>1</sup> პროცესი დაწყებულია;  $P_{vol}$  – ფორიანი ფაზის მოცულობითი წილი მატრიცაში;  $P_m$  – ფორების საშუალო ზომა.

$$\sigma_{m/p} = \frac{470}{0,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,855} = \frac{470}{0,308} = \frac{1526 \text{MPa}}{\mu\text{M}}$$

ფორების საშუალო ზომა 0.855, ავიღეთ საშუალო 1650°C-ზე გამომწვარი ნიმუშიდან: 0.13 ტოლი ჰიდროსტატიკური აწონვის მეთოდით მიღებულია და ელექტრონული მიკროსკოპიის სურათების ვიზუალური ანალიზის მიხედვით - 1.58 მას%-დან.

**კრისტალური ფაზის შემცველობა და საშუალო ზომები**

განვსაზღვრეთ კორუნდის მარცვლების ზომები და შემცველობა მხედველობის სხვადასხვა არეში და გამოვიანგარიშეთ კორუნდის ფაზის შემცველობა კომპოზიტში (ცხრილი 4). კორუნდის მარცვლების შემცველობა რეალურად შეიძლება მეტიც იყოს, რადგან კორუნდის უწყვილესი მარცვლების გარჩევადობა შეზღუდულია. ვინაიდან ნარევი შეიცავდა პერლიტს, კომპოზიტი გარკვეული რაოდენობით მინისებრ ფაზასაც შეიცავს. არაგაცის პერლიტი მთლიანად მინისებრი მასაა (96 მას.% მინა, დანარჩენი პლაგოკლაზები, ფორები და აქროლადი ნივთიერებები), რომელიც ღვდება 1240°C-ზე [26].

სავარაუდოდ, შედგენილობაში დამატებული 2.78 მას% პერლიტი წარმოშობს ევთექტიკურ ნაღობებს გეოპოლიმერის ინგრედიენტებთან, განსაკუთრებით ტუტე ჟანგეულებთან და, რა თქმა უნდა, მასალაში მინისებრი ფაზის შემცველობა, Vმგ იმატებს. მისი შემცველობა მივიღეთ 6.5% ტოლად. აქედან გამომდინარე, **კრისტალური ფაზის რაოდენობა უნდა შეადგენდეს**

<sup>1</sup> კოალესცენცია – ფორების ზრდა მყარ სხეულში, რასაც თან ახლავს მათი ჯამური ზედაპირის შემცირება საერთო მოცულობის უცვლელობის დროს. ფორების კოალესცენციის პროცესი შეინიშნება შეცხობის ბოლო სტადიებზე და განისაზღვრება მსხვილი ფორების ზომების ზრდით, მცირე ზომის ფორების ვაკანსიური ხსნადობის შედეგად.

$100 - (V_{ფგ} + V_{მგ}) = 100 - (0.8 + 6.5) = 92.7\%$ ,  
 აქედან სიალონის ფაზა იქნება  $92.7 - 23.5 = 69.2\%$ . რაც  
 შეეხება სიალონის მარცვლების ზომებს, მისი

სტრუქტურა ფურცლოვანი პაკეტების სახით არის  
 წარმოდგენილი და მხედველობის არეში ჩანს,  
 როგორც უწყვეტი მატრიცა.

ცხრილი 4

**კორუნდის მარცვლების შემცველობა კომპოზიტში**

კომპოზიტი CN-8	ფაზის დასახელება	მხედველობის არე S, $\mu\text{M}^2$	დათვლილი მარცვლების რიცხვი, n	უდიდესი მარცვლის Dmax. $\mu\text{M}$	უმცირესი მარცვლის Dmin. $\mu\text{M}$	მარცვლების Dmid. $\mu\text{M}$	ფაზის შემცველობა, %
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,22	32	1,00	0,25	0,50	23,1
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,55	39	1,50	0,20	0,49	23,9
	საშ.	23,88	3,55	1,5	0,20	0.495	23,5

ჩატარებულ იქნა კომპოზიტის ნიმუშების მიკროსპექტრული ანალიზი, რომლის შედეგებიც თანხვედრაშია რენტგენულ და ელექტრონულ-მიკროსკოპული ანალიზების შედეგებთან. მიკრო-რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია მე-3 ა, ბ, გ, დ სურ-ზე.

კრისტალური ფაზის გავლენის კორელაციური<sup>3</sup> დამოკიდებულება მასალათა მიკრო- და მაკრომექანიკურ თვისებებზე გამოითვალა ზ. კოვზირიძის [27] ფორმულით:

$$\sigma_d = \frac{P \cdot F_{kd}}{K_m K_v F_{kf}}$$

სადაც P დატვირთვაა; K<sub>m</sub> – კრისტალების საშუალო ზომა; K<sub>v</sub> – კრისტალების მოცულობითი წილი მატრიცაში; F<sub>kd</sub> – კრისტალების მატრიცაში გადანაწილების ფაქტორი. განისაზღვრა მკვლევრის მიერ. თანაბარი განაწილების შემთხვევაში ტოლია 1-ის, არათანაბარი განაწილების შემთხვევაში – 0.9. F<sub>kf</sub> – კრისტალების ფორმის ფაქტორი. მიიღება, როგორც კრისტალის უდიდესი მახასიათებელი ზომის ფარდობა უმცირესთან, რაც საშუალებას მოგვცემს დავახასიათოთ კრისტალების მოცემული ერთობლიობის ფორმა.

ვინაიდან მატრიცაში კრისტალების მოცულობითი წილი ძალიან მაღალია – 92.7 მას.%, ამიტომ F<sub>kd</sub> განაწილების ფაქტორი მივიღეთ 1-ის ტოლი. კრისტალების საშუალო ზომა K<sub>m</sub> ალუმინის ჟანგისათვის 0.495  $\mu\text{M}$  შეადგენს. სიალონის კრისტალების აზომვა ვერ მოხერხდა მისი კონტურების არასიმკვეთრის გამო. ვიზუალურად

მივიღეთ მისი და ალუმინის ჟანგის კრისტალების საშუალო ზომა ჯამში 2.5  $\mu\text{M}$ -ის ტოლი. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ფორმის ფაქტორი ალუმინის ჟანგის კრისტალებისათვის, რომლებსაც მომრგვალებული ფორმა აქვს მივიღეთ 1-ის ტოლი, ხოლო სიალონისათვის, რომლებსაც მოგრძო ფორმა აქვს 2.5-ის ტოლად. ჯამში ფორმის ფაქტორი 2.5-ის ტოლად მივიღეთ:

$$\sigma_d = \frac{470 \times 1}{2.5 \times 92.7 \times 2.5} = 0.811.$$

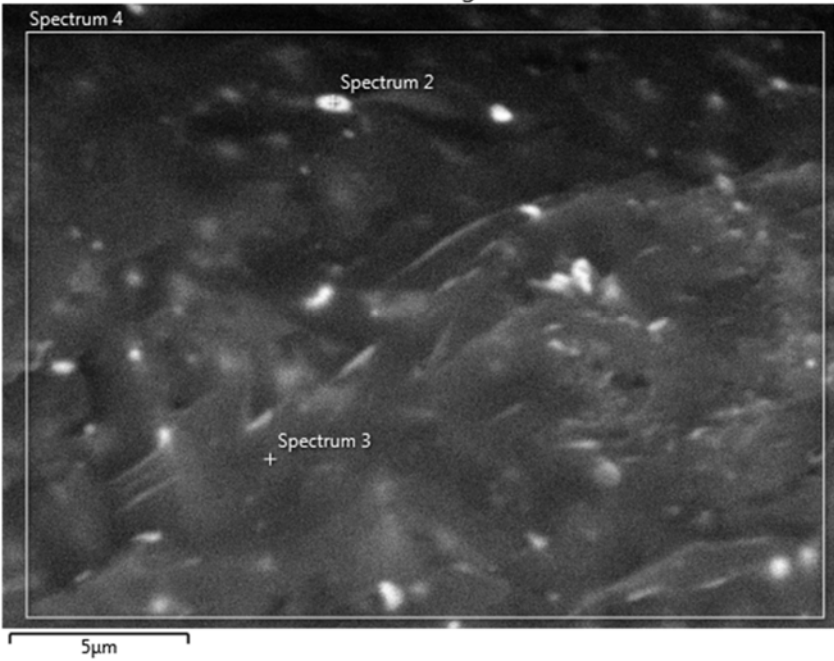
როგორც შედეგიდან ჩანს, მაღალი კორელაცია არსებობს და ეს გასაგებია, ვინაიდან კრისტალური ფაზის შემცველობა მაღალია, კრისტალების დისპერსიულობის ხარისხიც მაღალია და შედეგი მიიღწევა იმითაც, რომ ფაზა თანაბრად არის განაწილებული მატრიცაში. მთავარი ფაზური მდგენელი მატრიცაში არის კრისტალური ფაზა.

განისაზღვრა მიღებული კომპოზიტის დინამიკური სისალე და დრეკადობის მოდული თანამედროვე ISO-14577 საერთაშორისო სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამის დინამიკურ ულტრამიკროსისალის DUH-211S ტესტერზე.

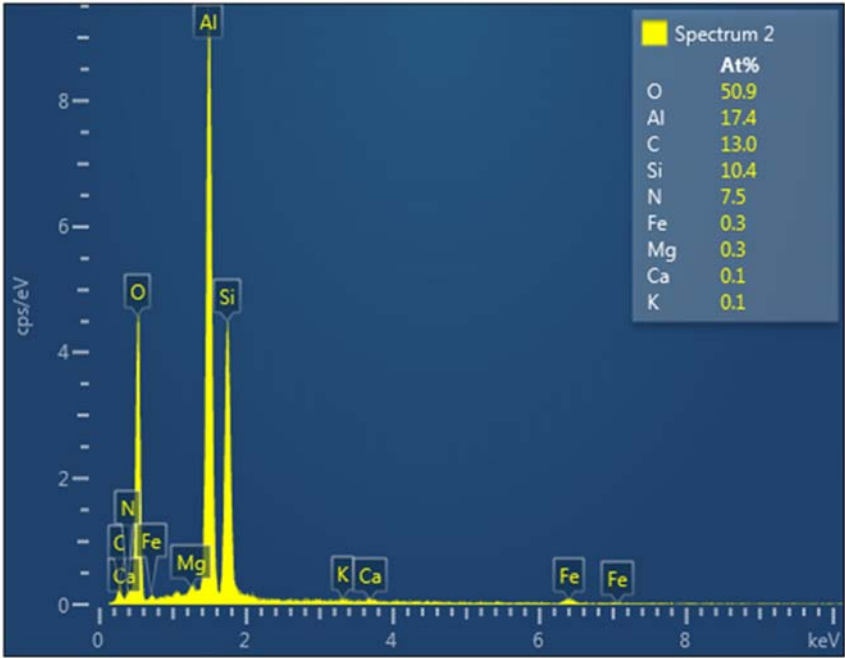
დინამიკური სისალე (DH) განისაზღვრება ტესტირების პროცესში ინდენტორზე მოდებული დატვირთვის სიდიდისა და მისი მასალაში შეღწევის სიღრმით. მეთოდის უპირატესობა, ჩვეულებრივი სტატიკური ანუ ანაბეჭდის დიაგნოზის გაზომვასთან შედარებით, მდგომარეობს იმაში, რომ ის შეიცავს როგორც პლასტიკურ, ისე დრეკად მდგენელებს. გაზომვების შედეგები არ არის დამოკიდებული ანაბეჭდის ზომებზე, დატვირთვებსა და დრეკადი აღდგენის არაერთგვაროვნებაზე. დინამიკური სისალე განისაზღვრა დატვირთვა-განტვირთვის რეჟიმში, ვიდრე დრეკადი რელაქსაცია მოხდებოდა. შედეგები წარმოდგენილია მე-5 ცხრილში.

<sup>2</sup> V<sub>ფგ</sub> – ფორიანი ფაზის მოცულობა.  
<sup>3</sup> კორელაცია – ხაზობრივი კავშირი შემთხვევით მოვლენებს შორის. კორელაციის საზომი არის კორელაციის ემპირიული კოეფიციენტი. სამეცნიერო ლიტერატურაში კორელაციის ქვეშ გულისხმობენ სტატისტიკურად მნიშვნელოვან კავშირს სხვადასხვა პროცესების პარამეტრებს შორის. ტერმინის ასეთი ახსნა არ არის მკაცრი.

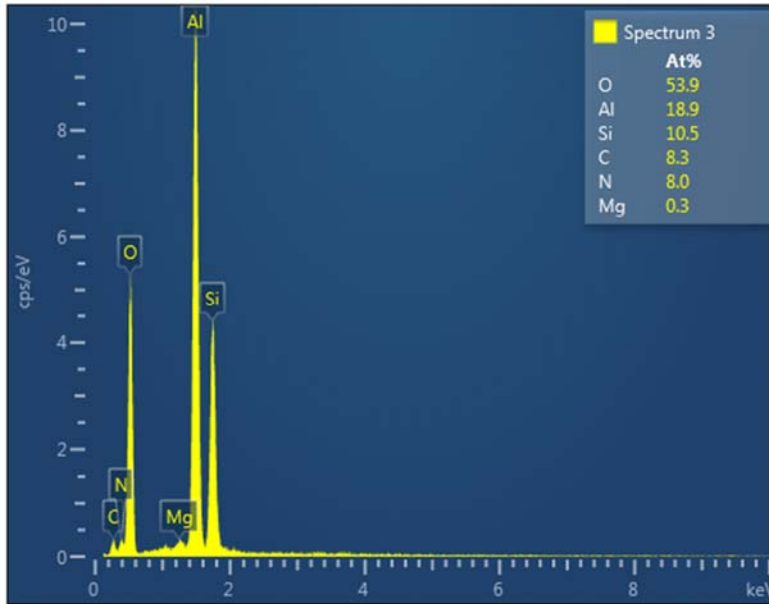
Electron Image 2



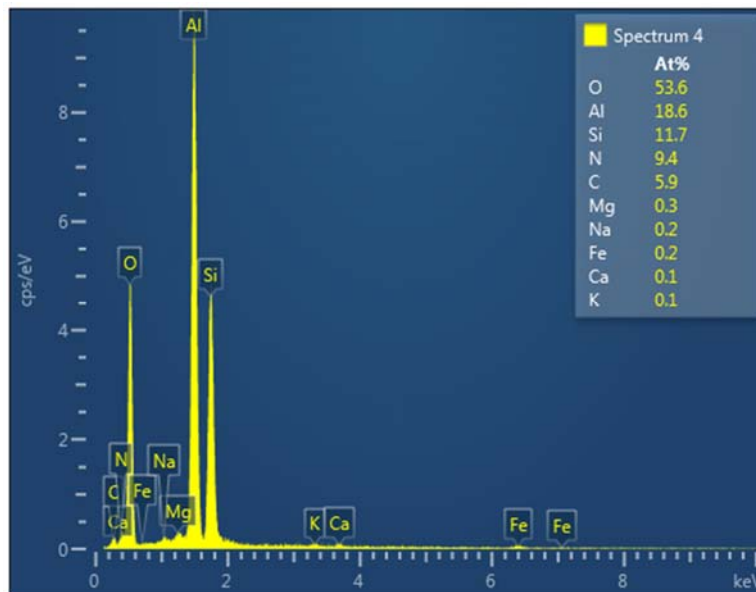
s)



ð)



ბ)



დ)

სურ. 3. 1650°C ტემპერატურაზე მიღებული CN-8 კომპოზიტის მიკროსპექტრული ანალიზის შედეგები

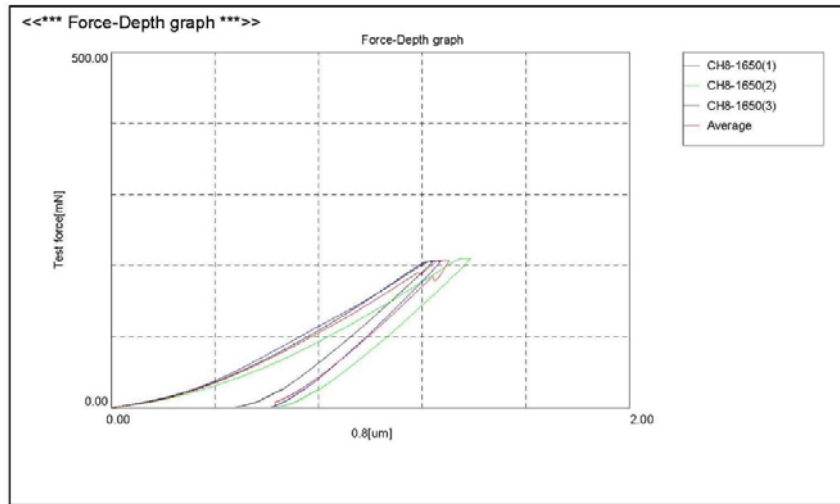
1650°C ტემპერატურაზე მიღებული CN-8 კომპოზიტის  
მიკრომექანიკური მახასიათებლები

<<\*\*\* Test condition-CH8-1650 \*\*\*>>

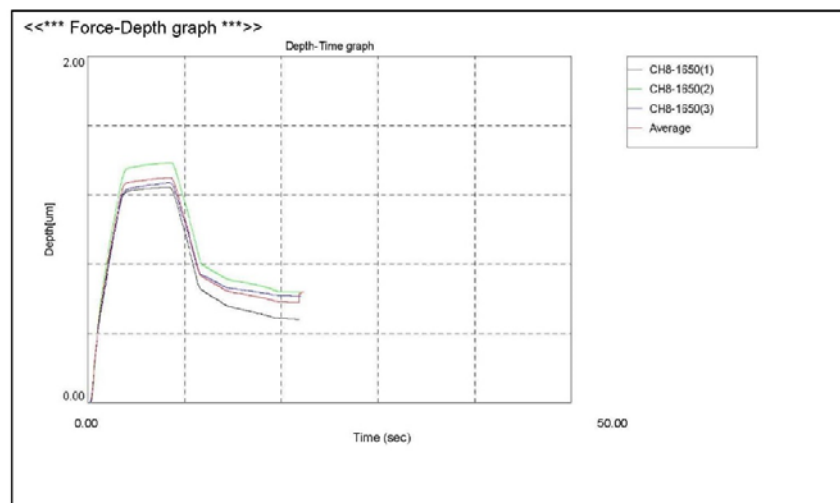
Test mode	Load-unload		
Sample name	CH8-1650	Sample No.	CH8-1650
Test force	200.00[mN]	Minimum force	1.96[mN]
Loading speed	1.0(70.0670[mN/sec])	Hold time at load	5[sec]
Hold time at unload	3[sec]	Test count	3
Parameter name		Parameter	20
Comment	24.11.15. .SH8-1650-TeX -Uni-200		
Poisson's ratio	0.250		
Cf-Ap,As Correction	ON	Indenter type	Vickers
Read times	2	Objective lens	50
Indenter elastic	1.140e+006[N/mm <sup>2</sup> ]	Indenter poisson's ratio	0.070

<<\*\*\* Test result \*\*\*>>

SEQ	Fmax	hmax	hp	hr	DHV-1	DHV-2	Eit	Length	HV	Data name
	[mN]	[um]	[um]	[um]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[um]		
1	206.11	1.2419	0.4801	0.6795	666.193	4435.000	9.252e+004	4.517	1910.017	CH8-1650(1)
2	210.42	1.3860	0.6371	0.8510	546.009	2550.168	8.182e+004	4.517	1949.885	CH8-1650(2)
3	206.11	1.2701	0.6173	0.7663	636.923	2659.186	9.501e+004	4.517	1910.001	CH8-1650(3)
Average	207.55	1.2993	0.5782	0.7656	616.375	3214.785	8.979e+004	4.517	1923.301	
Std. Dev.	2.484	0.076	0.085	0.086	62.672	1058.143	7007.244	0.000	23.023	
CV	1.197	5.879	14.783	11.204	10.168	32.915	7.804	0.000	1.197	



ა)



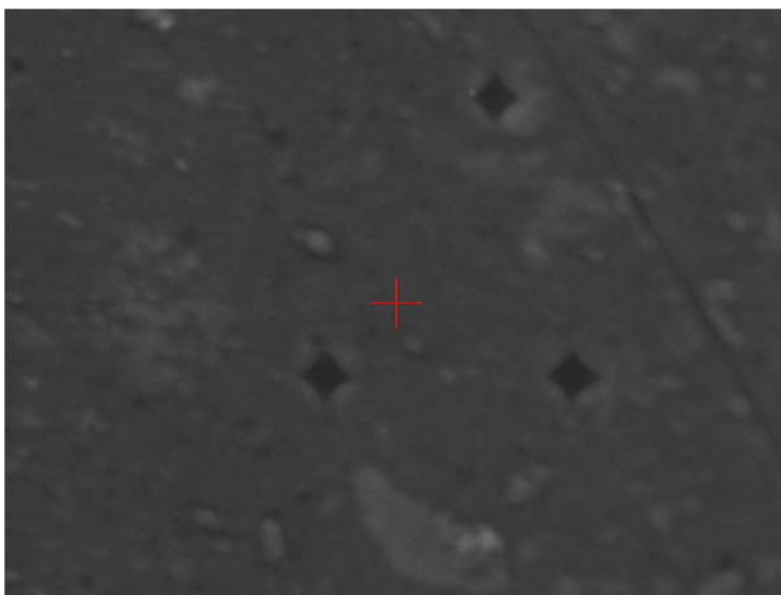
ბ)

სურ. 4. CN-8 კომპოზიტის მიკრომექანიკური მახასიათებლები 2 mN დატვირთვისას: ა) ინდენტორის მასალაში ჩაღრმავების დამოკიდებულება დროზე, ბ) ინდენტორის დატვირთვის დამოკიდებულება ანაბექტის სიღრმეზე

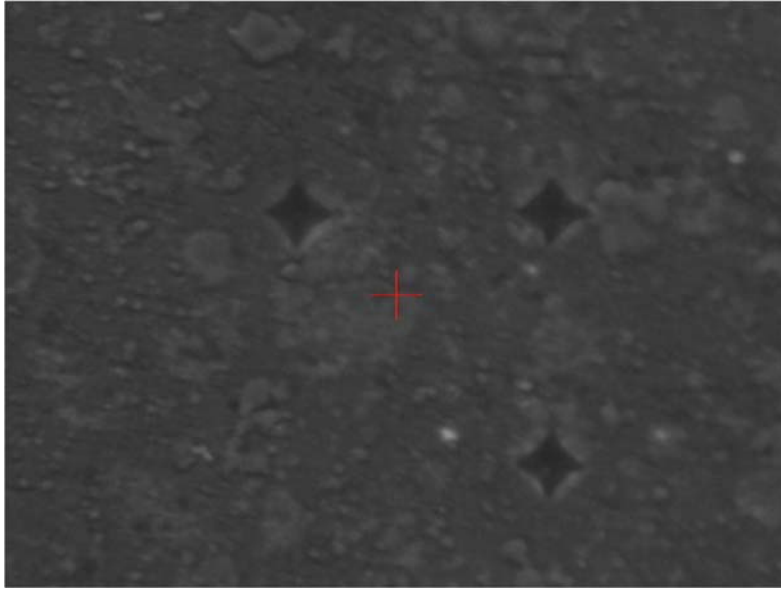
ინდენტორის ანაბეჭდების ანალიზი მიკროსისალის გაზომვის შემდეგ მოცემულია მე-5 სურათზე.



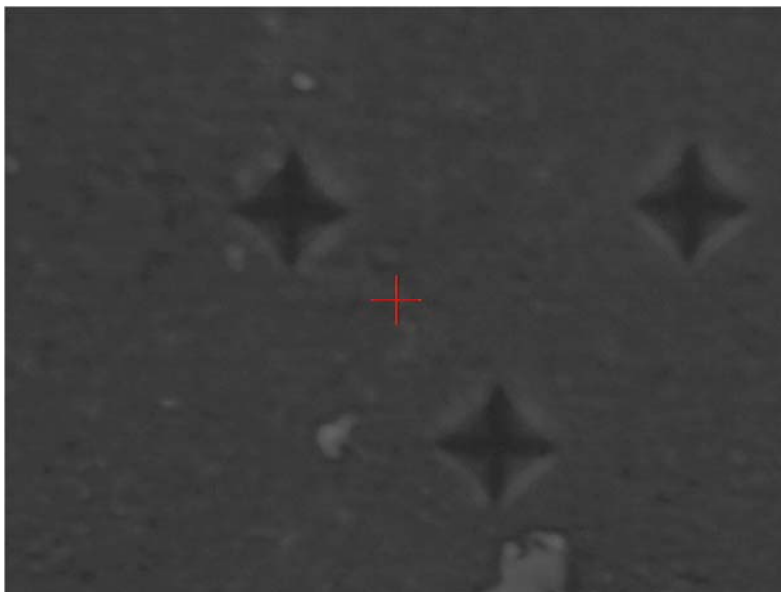
ა) დატვირთვა 200 mN



ბ) დატვირთვა 300mN



გ) დატვირთვა 500mN



სურ. 5. ინდენტორის ანაბეჭდები სხვადასხვა დატვირთვისას



## ანაბეჭდებისა და ბზარების საშუალო ზომები

ანაბეჭდის სურათის № და დატვირთვის მნიშვნელობა, mN	ინდენტორის მასალაში ჩასვლის სიღრმე h, $\mu\text{M}$	ანაბეჭდის დიაგონალის სიგრძე, a, $\mu\text{M}$	ანაბეჭდის დიაგონალის ნახევარი a/2, $\mu\text{M}$	ბზარის საშუალო სიგრძე $\ell$ , $\mu\text{M}$	შენიშვნა
ა) 100	0.8200	3,546	1.773	ბზარი არ ფიქსირდება	ანაბეჭდი აღებულია მატრიცაზე
ბ) 200	1.2993	4,517	2.258	ბზარი არ ფიქსირდება	ანაბეჭდი აღებულია მატრიცაზე
გ) 300	1.8168	6,412	3.206	ბზარი არ ფიქსირდება	ანაბეჭდი აღებულია მატრიცაზე
დ) 500	2.8475	8,452	4.226	ბზარი არ ფიქსირდება	ანაბეჭდი აღებულია მატრიცაზე

როგორც მე-4 სურ-დან ჩანს, ანაბეჭდების საზღვრები გამოკვეთილია და 1000mN დატვირთვის დროსაც კი არ შეიმჩვევა ბზარი, რაც მიუთითებს ამ კომპოზიტის მაღალ ბზარმედეგობაზე.

**მასალათა მექანიკური მოდული**

მასალის მექანიკური მოდულის გამოთვლისათვის გამოყენებულ იქნა კოვზირიძის [28] მოდულის ფორმულა:

$$M = \frac{Kvol. E. Kic. Pd}{Km. Gvol. Pvol. Pm} \text{MPa}/\mu\text{M}^2,$$

სადაც Kvol არის მასალაში კრისტალური ფაზის მოცულობა %-ში; E – ელასტიკურობის მოდული MPa; Kic – დამაბულობის ინტენსიობის კრიტიკული კოეფიციენტი; Pd – ფორების მატრიცაში გადანაწილების ფაქტორი, რომელიც მიღებულია 1-ის ტოლად თანაბარი გადანაწილების, 0.9-ის ტოლად არათანაბარი გადანაწილების და 0.8-ის ტოლად ფორების კოალესცენციის შემთხვევაში. Km – მატრიცაში კრისტალების საშუალო ზომა,  $\mu\text{M}$ ; Gvol – მატრიცაში მინისებრი ფაზის შემცველობა, %; Pvol. – მატრიცაში ფორების მოცულობა, %; Pm – მატრიცაში ფორების საშუალო ზომა,  $\mu\text{M}$ . მოდულის განზომილებაა MPa/ $\mu\text{M}^2$ . ფორმულაში ვერ იქნება გათვალისწინებული გრიფიტის [29] ბზარები, დისლოკაციები კრისტალებში, ნანოდეფექტები მინაში, მაგრამ ფორმულა გვაძლევს სრულ წარმოდგენას მასალის გარეგანი დატვირთვის წინააღმდეგ მედეგობის შესახებ, რო-

გელიც მიახლოებულია ატომთა შორის კავშირის სიძლიერის გამოთვლილ მნიშვნელობებთან. სწორედ ამიტომ არის შეტანილი ფორმულაში ელასტიკურობის მოდული:

$$M=92.7 \times 8,987 \times 40.75 \times 0,9/2,5 \times 6.5 \times 0.855 \times 0.4 = 30184.6/7.6 = 5.45 \text{ GPa}/\mu\text{M}^2.$$

**3. დასკვნა**

მეტალოთერმული და აზოტის არეში რეაქციული შეცხობის მეთოდით სინთეზირებულია კომპოზიტი  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiAlON}$  სისტემაში. მკვრივი მასალის მისაღებად ფორიანი (13–15 %) კომპოზიტი ატრიტორში დაწვრილმანების შემდეგ დაიწნეხა ცხლად 1650°C-ზე და შემდგომი კვლევები ჩატარდა როგორც მიკრო- და მაკრომექანიკური, ისე სტრუქტურულ-ოპტიკური, ელექტრონული მიკროსკოპული მეთოდებით. შესწავლილ იქნა ფორიანი ფაზა, განისაზღვრა მათი პროცენტული შემცველობა და ზომები, ასევე კრისტალური მდგენელების – სიალონის, ალუმინის ოქსიდის პროცენტული შემცველობა და მარცვლების ზომები.

კვლევის შედეგებით დადგინდა, რომ მიღებულია  $\beta$ - სიალონი სილიციუმის ნიტრიდის სტრუქტურით. ამას ხელს უწყობს დაბალ ტემპერატურებზე სილიციუმის ნიტრიდის ჯერ კიდევ ახლად წარმოქმნილი არასრულყოფილი კრისტალური მესერი, რომელიც, შედარებით დიდი სივარდილის გამო, სტრუქტურაში იღებს ალუმინის ოქსიდს, ალუმინის ნიტრიდს, შემდეგ შედარებით მაღალ,

1350–1450°C ტემპერატურებზე ფორმირდება მ-სი-ალონის სტრუქტურაში.

მიღებული მასალა ხასიათდება მაღალი საექსპლუატაციო თვისებებით. მექანიკა ღუნვაზე შეადგენს 470 MPa, ხოლო კუმშვაზე – 1923 MPa. მიკრომექანიკურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ დატვირთვის პროცესში ბზარი სიალონის მატრიცაში არ წარმოიქმნება.

**კომპოზიტის მაღალი თვისებები დადასტურდა კოვზირიძის მექანიკური მოდულის გაანგარიშებისას, მიღებულმა შედეგმა მოლოდინს გადააჭარბა. ამ მოდულის მიხედვით შეიძლება რეალური მსჯელობა მასალათა მედეგობის შესახებ გარეგანი დატვირთვების წინააღმდეგ. მასალა მიღებულია მყარი ფაზური შეცხოვით.**

კომპოზიტი დატესტილია აგრეთვე ზ. კოვზირიძის ფორმულით – მაკრომექანიკური თვისებების დამოკიდებულება მატრიცაში ფორიანი ფაზის შემცველობაზე.

მიკრო- და მაკროთვისებების განსაზღვრისათვის, მატრიცაში კრისტალური ფაზის შემცველობაზე დამოკიდებულებით, ასევე გამოყენებულ იქნა კოვზირიძის ფორმულა. მიღებულია მაღალი კორელაცია (0.811).

### ლიტერატურა

- Ekstrom T., Kall P.O., Nygren M., Olsson P.O. - Dense Single-Phase Beta-Sialon Ceramics by Glass-Encapsulated Hot Isostatic Pressing. –J. of mat. Sci.-1989. V.24. p. 1853-1862.
- Rosenflanz A., I-Wei-Chen.- Phase Relationships and Stability of  $\alpha$ -SiALON,-J.Am.Ceram. Soc. 1999. V.82. №4. P. 25-28.
- Стрелов К. К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов:учеб. пособие для вузов / К. К. Стрелов, И. Д. Кашеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 1996. – с. 608.
- Чухolina Л.Н. Способ получения порошка сиалона.  
[http://bd.patent.su/2378000\\_ukanasknelad iqna gadamowmebuli-18.11.2012](http://bd.patent.su/2378000_ukanasknelad iqna gadamowmebuli-18.11.2012).
- Zheng G, Zhao J., Gao Z., Cao Q., - Cutting performance and wear mechanisms at Sialon-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> graded nano-composite ceramic cutting tools/ The International Journal of advanced Manufacturing Technology, 2012 V.58 , I. 1-4. P. 19-28.
- Tressler R. E. Theory and Experiment in Corrosion of Advanced Ceramics//Corrosion of Advanced Ceramics/ NATO ASI Series E: Applied Sciences/Ed. K.G.Nickel.-The Netherlands. 1994. N267. p. 3-22.
- Piekarczyk J., Lis J., Bialoskorski J.- Elastic Properties, Hardness and Indentation Fracture Toughness of beta-Sialons/ Key Engineering Materials.-1990. V. 89-91, p. 542-546.
- ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, ზ. მესტვირიშვილი. გეოპოლიმერის ბაზაზე აზოტის გარემოში მიმდინარე კარბო და ალუმინთერმული პროცესები. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა“ Vol.16 , N1(31), 2014, გვ.32-36
- ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, თ. ჭეიშვილი, ზ. მესტვირიშვილი, მ. მშვილდაძე, ე. ნიკოლეიშვილი. ნიტროალუმინთერმული პროცესებით სიალონების მიღება. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა“ Vol.16 . N2(32), 2014, გვ. 23-31.
- Kovziridze Z., Nijaradze N., Tabatadze G., Cheishvili T.,MestviriSviliZ., Nikoleishvili E., Mshvildadze M., Daraxvelidze N.Obtaining of Nanocomposites in SiC-SiALON and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiALON System by Alumothermal Processes. Journal of Electronics Cooling and Thermal Control, 2014, 4, \*Published Online December 2014 in SciRes. Pp.1- 13  
<http://www.scirp.org/journal/jectc> USA, Delaware Impact Factor
- Kovziridze Z., Nijaradze N., Tabatadze G., Daraxvelidze N., MestviriSvili Z.Obtaining of SiALONs via alum-thermal and nitrogen processes. 14th International Conference of European Ceramic Society, 21-25 June, Toledo, Spain. Poster 2348. 2015
- Kovziridze Z., Nijaradze N., Tabatadze G., Daraxvelidze N., MestviriSvili Z.Smart Materials in the SiALON-SiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> System. Journal of Material Science and Engineering, International Conference and Expo on Ceramics. August 17-18, 2015 Chicago, USA.
- ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, ზ. მესტვირიშვილი. სიალონშემცველი კომპოზიტის მიღება ნიტროალუმინთერმული პროცესებით, რეაქციული შეცხოვრისა და ცხელი დაწნეხის მეთოდით. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა“ Vol.18. 1(35). 2016. გვ. 9-19.
- Kovziridze Z., Nijaradze N., Daraxvelidze N., MestviriSvili Z. Smart Materials in the SiALON-SiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiB<sub>2</sub>-ZrB<sub>2</sub> System. 2ndAnnual world Congress of Smart Materials (WCSM-2016) 4-6 March, 2016, Singapore
- Kovziridze Z., Nijaradze N.,Daraxvelidze N., Tabatadze G., MestviriSvili Z., Nikoleishvili E., Mshvildadze M., Preparation of Composites by Nitro Aluminothemic Processes, over  $\beta$ -SiALON Matrix in the SiALON-SiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> System. Journal of Electronics Cooling and Thermal Control , Vol.6 No.2, Pub.

- Date: June 15, 2016, PP. 62-77 Downloads-735. Views-887 (May 2017) Impact Factor.
16. Kovziridze Z., Nijaradze N., Daraxvelidze N., Tabatadze G., Mestvirivili Z. Obtaining of nano composites via alum-thermal and nitrogen processes in the SiC-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-ALN-AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. System. 15th Conference&Exhibition of the European Ceramic Society, Ecers 2017, July 9-13, 2017 / Budapest, Hungary
  17. ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, თ. ჭეიშვილი, ზ. მესტვირისვილი, მ. მშვილდაძე. კომპოზიტის მიღება მეტალოთერმული და აზოტირების პროცესებით Si-SiC-Al გეოპოლიმერის სისტემებში. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“ Vol.19. 2(38). 2017. გვ. 33-52.
  18. Kovziridze Z., Nijaradze N., Tabatadze G., Cheishvili T., Mestvirivili Z., Mshvildadze M., Daraxvelidze N. Kinkladze V. Obtaining Of SiAlON Composite via Metal-Thermal and Nitrogen Processes in the SiC-Si-Al-Geopolymer System. Journal of Electronics Cooling and Thermal Control, 2017, 7, 103-122,
  19. Kovziridze Z., Nijaradze N., Daraxvelidze N., Tabatadze G., Mestvirivili Z. Obtaining of composite via metal-thermal and nitrogen processes in the SiC-Si-Al-geopolymer System. 7th International Congress on Ceramics – ICC7, Foz de Iguacu, PR, Brazil, June 17-21, 2018.
  20. ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, მ. ბალახაშვილი. რეაქციული შეცხობის მეთოდით სიალონშემცველი კომპოზიტების მიღება SiC-B<sub>4</sub>C-Si-Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სისტემაში მეტალოთერმული და აზოტირების პროცესებით. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“ Vol.20. 2(40). 2018. გვ.13-17.
  21. ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, ზ. მესტვირისვილი. კომპოზიტების ფაზური შედგენილობის შესწავლა SiC-B<sub>4</sub>C-Si-Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> სისტემაში. საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“ Vol .21. 1(41). 2019. გვ.44-51.
  22. Z. Kovziridze, N. Nijaradze, N. Daraxvelidze, G. Tabatadze, Z. Mestvirivili, M. Balakhashvili, M. Mshvildadze. Obtaining of the Composite of β-SiAlON Matrix via Metal-Thermal and Nitrogen Processes in the B<sub>4</sub>C-SiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Si-Al-Carbon Fiber-Geopolymer. System. XVI ECERS Conference and Exhibition of the European Ceramic Society. Torino. Italy. 16-20 June 2019. P.680. Abstract Book
  23. Kovziridze Z., Nijaradze N., Daraxvelidze N., Tabatadze G., Mestvirivili Z. Ceramic Composite in the SiC-SiAlON System. Euro Global Congress on Tychonix Nanotech. 2019 11-12 November. Valencia, Spain 2019.
  24. Kovziridze Z., Nijaradze N., Daraxvelidze N., Tabatadze G., Mestvirivili Z. Composite in the SiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-BN-SiAlON System. 8th International Congress on Ceramics. August 23-28. Bexco. Busan. Korea.
  25. ზ. კოვზირიძე. მაკრომექანიკური მახასიათებლების ფორიან ფაზაზე დამოკიდებულების ფორმულა. Journal of the Georgian Ceramists Association. Ceramics and Advanced Technologies Vol.20. 1(39). 2018. Pp.38-44. www.ceramics.gtu.ge
  26. Ковзиридзе З.Д. Разработка научных основ и технологии получения цельсиановой и алюмосиликатной керамики с использованием барита и перлита. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Тбилиси 1993. Стр. 41-50.
  27. Z. Kovziridze. The Formula of Dependence of Mechanical Characteristics of Materials on Crystalline Phase Composition in the Matrix. Advances in Materials Physics and Chemistry. Vol.10 No.8, August 2020. ISSN: 2331-1959. DOI: 10.4236/ampc.2020.108013.
  28. ზ. კოვზირიძე. კერამიკულ მასალათა და კომპოზიციების მექანიკური მოდულის ფორმულა. საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი „საქპატენტი“ / ზ. კოვზირიძე. მოწმობა 7136 2017/10/11.
  29. Griffith A.A. Phil. Trans. Roy. Soc. London A221, 1920.

UDC 666.762.93

## OBTAINING OF $\beta$ -SIALON NANOCOMPOSITE WITH ALUMOTHERMAL AND NITROGEN PROCESSES

Z. Kovziridze, N. Darakhvelidze, N. NiJaradze, G. Tabatadze, Z. M. Mshvildadze, Mestvirishvili, M. Balakhashvili, V. Kinkladze

Institute of Bionanoceramic and Nanocomposite Technology. Georgian Technical University. Str Costava 69. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: kowsiri@gtu.ge

Resume: **Objective** - to obtain a composite in SIALON- $Al_2O_3$  system and to study its properties. **Method** - Obtaining the composite by metallothermic and nitrogenation methods. In the present work, the composite containing sialon is obtained through alum-thermal process, by the reactive sintering method in nitrogen medium, from the mixture of aluminosilicate raw material (Prosyanaya kaolin and Polog refractory clay-Ukraine), nanopowder of aluminum oxide (German company "ALCOA"), and metallic silicon with small additives of glass perlite Aragac (Armenia). The advantage of this method is that the aluminosilicate raw material decomposes during the heat treatment process and the alum-thermal-nitration process takes place at the same time, making it easier to open ALN and  $Al_2O_3$  in the newly formed  $\beta$ - $Si_3N_4$  crystal lattice, which provides  $\beta$ -Sialon generation at a relatively low temperature, 1250-1300°C.

**Result** - Corundum-sialon composite material is obtained by reactive sintering process at a temperature of 1450°C. The corundum and sialon phases in the composite are confirmed by X-ray phase, spectral and electron-microscopic analyzes. To obtain consolidated samples, the material obtained by reactive sintering was grounded in the attritor and hot pressed at 30 MPa and 1620°C and was kept at the final temperature - 7 minutes. The phase composition of the obtained samples remained unchanged after hot pressing, the density increased and the porosity dropped below 1%, accordingly the numerical values of the mechanical properties were increased:  $\sigma_{press.}$  -1600 MPa;  $\sigma_{bend.}$  -460 MPa; HV-19.7 GPa.

**Conclusion** - obtained corundum-sialon composite with its physical-technical properties: porosity-0-1%; density -3.21 g / cm<sup>3</sup>;  $\sigma_{press.}$  - 1923 MPa;  $\sigma_{bend.}$  -470 MPa; HV-19.7 GPa, elasticity modulus -22 GPa; dynamic hardness -3214 N / mm<sup>2</sup>; chemical stability to sulfuric acid (density 1.84) -99.3%, to water -99.8%.

The obtained materials may be recommended in armor engineering, when measuring temperature in metals molten as protective coatings for the thermocouple, as well as in high-temperature furnace linings, as well as in clean processing operations as a metalworking cutting material.

**Key words:**  $\beta$ -SIALON; corundum; reactive sintering; composite; properties.

---

უკ 656.456

## ბიოაქტიური მინამასალების მიღებისათვის ახალი სახეობის სანედლეულო მასალის შერჩევა

ე. უჩანეიშვილი, თ. ჭეიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. ახალი სანედლეულო ბაზის – ბუნებრივი საქონლის ძვლის საფუძველზე ბიოაქტიური მინების მიღებისათვის კვლევის ჩატარება.

**მეთოდი.** მინამასალების მიღება  $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$  კომპოზიციაში, რომელშიც ცალკეულ ოქსიდთა შემცველობა იგივე შედგენილობის ბიომინებისთვისაა დადგენილი, იმ განსხვავებით, რომ კაზმის ერთ-ერთ ინგრედიენტად აღებულია ბუნებრივი საქონლის ძვალი – შედგენილობის მიხედვით კომპლექსური ფოსფორშემცველი ნედლეული. მინამასალის სინთეზი განხორციელდა მინის ტექნოლოგიაში მიღებული მეთოდებით, კაზმის მაღალტემპერატურული სინთეზით.

**შედეგი.** ჩატარებული კვლევით მიღებულ იქნა ახალი შედეგი – ფოსფორშემცველი ბიომინის სინთეზი შესაძლებელია კაზმის ძირითად ინგრედიენტად დამუშავებული საქონლის ძვლის გამოყენებით. მიღებული მინამასალების სინთეზის ტემპერატურა 1320–1400°C-ს შეადგენს.

**დასკვნა.** ბუნებრივი საქონლის დამუშავებული ძვლის საფუძველზე სინთეზირებულია 6–10 მას.% ფოსფორის ანჰიდრიდის შემცველი მინები, რომელთა ერთსაფეხურიანი თერმული დამუშავებით მიღებულია 33–48 მკა სიმტკიცის (კუმშვაზე) და ფიზიოლოგიურ ხსნარებში მაღალი ქიმიური მდგრადობით გამორჩეული ბიომინამასალები.

**საკვანძო სიტყვები:** ბიოქიმია; საქონლის ძვალი; კაზმი; სინთეზი; თვისებები.

### 1. შესავალი

ბიომასალების მნიშვნელოვანი თვისებაა ცოცხალ ორგანიზმთან ბიოლოგიური თავსებადობა, ფუნქციური და სტრუქტურული სტაბილურობა, რბილ ქსოვილსა და ძვლოვან ნაწილში პროტეინების შესაძლებლობა. მედიცინაში გამოიყენება სხვადასხვა შედგენილობისა და თვისებების მქონე მასალები, რაც განისაზღვრება მათი დანიშნულებით და ორგანიზმთან ურთიერთობის ხარისხით [1].

ახალი ბიომასალების მიღების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ახალი კლასის ან შედგენილობის ბიომასალების მიღება და მათ შორის პერსპექტიულად მიიჩნევენ ბიომინას და ბიოკერამიკას. ასეთი არაორგანული მასალების ეფექტური გამოყენება შესაძლებელია ტრავმატოლოგიაში ძვლის იმპლანტის დასამზადებლად და ენდოპროტეზირებაში, კერძოდ ყბა-სახის ქირურგიაში, სტომატოლოგიასა და სხვა სფეროებში [1,2].

მომავალში ბიომინაკრისტალური მასალები ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და აქტუალური პრობლემის – ხელოვნური ძვლის შექმნის საკითხის გადაჭრის პერსპექტიულ გზად მიიჩნევა. ასეთ მასალებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ბიოაქტიურ მინებს და მინაკრისტილურ (კერამიკულ) მასალებს [3,4].

ძვლის ენდოპროტეზირებისათვის საჭირო მასალების შექმნის კონცეფციის მიხედვით, ისინი გარკვეულ მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს: სამედიცინო-ბიოლოგიური მოთხოვნები (არატოქსიკურობა, თავსებადობა ბუნებრივ ძვლის ქსოვილთან, არაკანცეროგენურობა და სხვა), ქიმიური თვისებები (ორგანიზმის ფიზიოლოგიურ გარემოში რეგულირებადი ქიმიური მდგრადობა, კოროზიამდეგობა და ბუნებრივ ძვალთან შერწყმის არეში არატოქსიკური პროდუქტების წარმოქმნა), მექანიკური თვისებები (სიმტკიცე და დრეკადობა, მიახლოებული უნდა იყოს ძვლის ცოცხალი ქსოვილის შესატყვის მაჩვენებლებთან – სტატიკური და დინამიკური დატვირთვის მიმართ მაღალი გამძლეობა), ტექნოლოგიური მოთხოვნები (ბიომასალიდან მარტივად უნდა ხდებოდეს სასურველი ფორმისა და ზომის ნაკეთობის დამზადება; გასათვალისწინებელია მასალის წარმოების ეკონომიურობა).

მრავალფეროვან არაორგანულ მასალათა შორის ჩამოთვლილ მოთხოვნებს გარკვეული ხარისხით პასუხობს მასალათა რამდენიმე ჯგუფი და მათ შორის მეტალები და შენადნობები (ტიტანისებრი და კოვალენტ-ქრომ-მოლიბდენიანი), ნახშირბადოვანი მასალები (გრაფიტი, ნახშირბადური ქაფები, გრაფიტირებული ქსოვილი, მინაგრაფიტი და სხვა), მაღალთხამიწოვანი მასალები (კორუნდის კერამი-

კა, ალუმინოქსიდური კერამიკული მასალები და სხვა) და ბოლოს კალციუმფოსფატური ბიოაქტიური მასალები (ბიომინები, ბიომინაკრისტალური მასალები, ჰიდროქსიაპატიტური კერამიკა). ჩამოთვლილი მასალების ძირითადი სახეობა, მათი ქიმიური შედგენილობიდან გამომდინარე, საგრძნობლად განსხვავდება ბუნებრივი ძვლის ფიზიკურ-მექანიკური და ბიოლოგიური მახასიათებლებისგან. აღსანიშნავია, რომ ბუნებრივი ძვლის ქსოვილთან კარგი თავსებადობა ახასიათებს ბიოკერამიკას და ბიომინაკრისტალურ მასალებს, რაც გამოიხატება მათი ძვალთან შეზრდის ხანმოკლე (4-5 კვირა) შესაძლებლობით და წარმოქმნილი იმპლანტ-ძვლის კავშირის მისაღები სიმტკიცით (გაქიმვაზე 40 მპა-მდე).

## 2. ძირითადი ნაწილი

კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე, ჩატარდა სამუშაო, რომელსაც უნდა დაედგინა ბიოლოგიურად აქტიური ბიომინამასალების მისაღებად საქონლის ძვლის გამოყენების შესაძლებლობა და აქედან ფოსფორშემცველი მასალების სანედლეულო ბაზის გაფართოება. საქონლის ძვლის ნაცრის გამოყენებით შედგენილი კაზმების საფუძველზე მინამასალა მიღებულია  $Na_2O - CaO - SiO_2 - P_2O_5$  კომპოზიციაში. საკვლევ შედგენილობაში შესაბამისი ინგრედიენტების შემცველობა შეესაბამება ბოდა იგივე კლასის ცნობილ მასალებს (მას. %): 20-25  $R_2O$ , 22-25  $CaO$ , 42-47  $SiO_2$  და 6-10  $P_2O_5$  [2].

საკვლევი მინების მისაღები კაზმების შესადგენად გამოყენებულია ცხოველური ძვლის დამუშავებით (გამოწვა-მსხვრევა-დაფქვა) მიღებული ფხვნილი (ნაცარი), რომლის ძირითადი შემადგენელი ნაერთები წარმოდგენილია  $RO_2$ ,  $R_2O_3$  და  $RO$  ოქსიდების სახით, როდესაც მათი შემცველობა (მას. %):  $SiO_2 \approx 0,4\%$  ( $Al_2O_3 + Re_2O_3$ )  $\approx 0,4$ ; ( $CaO + MgO$ )  $\approx 57$ ;  $P_2O_5 \approx 40$  და ხ.დ.  $\approx 2,2$ .

ჩვენ მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტში გამოიყენებოდა მსხვილფეხა საქონლის ძვლის გამომწვარი ნატეხები (გავლილი დამუშავების ეტაპები: ძვლის ნატეხების ხარშვა და გამოწვა). ლაბორატორიულ პირობებში გამომწვარი ძვლის ნატეხები გააშრეს, შემდგომ დაამსხვრიეს და დაფქვეს. საკაზმე ნედლეულად გამოიყენეს №05 საცერში გასული ძვლის ნაცრის ფრაქცია.

საკვლევი მინების კაზმის შესადგენად გამოყენებულ იქნა ნოვოსიოლის საბადოს მარკა 025 კვარცის ქვიშა, რომელსაც აწონამდე მორეცხვა-შრობა-მაგნიტური სეპარირება-საკონტროლო გაცრა (საცერი №05) ჩაუტარდა. კაზმის მაკორექტირებელ ნედლეულად გამოიყენეს ნატრიუმის ფოსფატები, ცარცი და ტუტემშემცველი კარბონატული ნაერთების რეაქტივები (მარკა „ქიმიურად სუფთა“). საკაზმე მასალები აიწონა  $\pm 0,1\%$  სიზუსტით, ხოლო კაზმი მიიღეს ფაიფურის როდინში, მათი 4-5 წთიანი ინტენსიური მორევიით. სულ მიღებულია ხუთი სხვადასხვა კაზმი, რომლებსაც ხარშვისას ხუთი განსხვავებული შედგენილობის მინის მიღება უნდა უზრუნველყო (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

საკვლევი ფოსფორშემცველი მინების შედგენილობა და სინთეზის შედეგები

შედგენილობა (№)	ოქსიდების შემცველობა ანგარიშით (მას. %)				სინთეზის შედეგები*	
	$P_2O_5$	$SiO_2$	$CaO + MgO$	$Na_2O + K_2O$	t, °C	Σ, წთ
1	25	47	22	25	1400±20	80-90
2	23	45	24	23	1340±20	110-120
3	20	45	25	20	1370±30	100-130
4	25	42	25	25	მეტია 1400	-
5	20	47	23	20	მეტია 1400	-

შენიშვნა. (\*) – ჰომოგენური ნადნობის მიღების ოპტიმალური პარამეტრები

ხუთივე შედგენილობის მინის კაზმი მოიხარშა ელექტრომახურებლიან (კარბორუნდის ღეროები) ლუმელში, რომელშიც შესაძლებელი იყო 1400°C

მაქსიმალური ტემპერატურის მიღწევა. სახარშავ ჭურჭელს წარმოადგენდა 100 მლ ტევადობის შამოტის ქოთანის კაზმის ხარშვის და მინის ერთ-

გვაროვანი (ჰომოგენური) ნადნობების მიღების პირობები წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში.

დადგინდა, რომ საკვლევად აღებული ხუთი შედგენილობის კაზმიდან, 1400°C-მდე განხორციელებული სინთეზის პირობებისათვის, მინისებრი ერთგვაროვანი ნადნობის წარმოქმნის მიღებას უზრუნველყოფს №1-3 შედგენილობები. დანარჩენი ორი შედგენილობა (№4 და №5) იძლევა ნადნობს, მაგრამ სინთეზის დადგენილ ტემპერატურაზე მათი გასუფთავების ხარისხი დაბალია. კარგი ხარშვის უნარით გამორჩეული ნადნობები დაყალიბდა ნიმუშების სახით და მათ 650–680°C-ზე (1–საათიანი დაყოვნება) მოწვის პროცესი ჩაუტარდა. საწყის მინებს დაუდგინდა მახასიათებელი თვისებები (სიმტკიცე კუმშვაზე, ქიმიური მდგრადობა, სიმკვრივე, წყალშთანთქმა) და ასევე კრისტალიზაციური უნარი რეკომენდებული მეთოდიკით [5, 6].

სამივე (№1-3) შედგენილობის მინის ნიმუშებს განესაზღვრა კრისტალიზაციისადმი მიდრეკილება

მასური კრისტალიზაციის მეთოდით 700–1000°C ტემპერატურულ ინტერვალში და დადგინდა მნიშვნელოვანი მოცულობითი გარდაქმნები, რაც გამოვლინდა მინის მოცულობაში უხვად ტლანქი კრისტალების წარმოქმნით, რაც ახასიათებს სამივე შედგენილობის მინას. მაგრამ მოცულობითი გარდაქმნები დაფიქსირდა სხვადასხვა ტემპერატურულ ინტერვალში: №2 და №3 (8 და 10 მას.%  $P_2O_5$ -ის შემცველობით) მინებისათვის 800–900°C-ზე, ხოლო №1 მინისათვის (6%  $P_2O_5$ -ის შემცველი) კრისტალიზაციის მაქსიმუმი 900–1000°C ინტერვალზე მოდის. საწყის მინებთან შედარებითი ანალიზის ჩასატარებლად, 850±25°C 2 სთ-იანი დაყოვნებით, მიღებული სამივე მინის ნიმუშებს ასევე განესაზღვრა მახასიათებელი თვისებები. საწყისი და დაკრისტალბული მინების თვისებათა შესწავლის შედეგები წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

## ცხრილი 2

### ფოსფორშემცველი საწყისი და თერმულად დამუშავებული მინამასალების თვისებები

№	თვისება	განზ. ერთ	ნიმუშის № და ინდექსი*					
			1მ	1თ	2მ	2თ	3მ	3თ
1	სიმტკიცე კუმშვაზე	მპა	37	48	47	41	33	39
2	ქიმიური მდგრადობა (დანაკარგი) ფიზიოლოგიურ ხსნარში	%	1,6	1,2	1,2	0,9	1,3	1,1
3	სიმკვრივე	გ/სმ <sup>3</sup>	2,71	2,72	2,67	2,68	2,71	2,73
4	წყალშთანთქმა	%	1,3	1,3	1,0	1,0	1,2	1,2

შენიშვნა. (\*) მ – საწყისი მინა; თ – თერმულად დამუშავებული მინა

თვისებათა კვლევის შედეგებით გამოვლინდა 6–10 მას.%  $P_2O_5$ -ის შემცველი მინების მიღების შესაძლებლობა, რომელთაც ახასიათებს მოცულობითი სტრუქტურული გარდაქმნები 800–900°C ტემპერატურულ ინტერვალში თერმული დამუშავების პირობისათვის, რაც, თავის მხრივ, თვისებების სიდიდეთა ტრანსფორმაციას განაპირობებს.

### 3. დასკვნა

ბუნებრივი ნედლეულის (საქონლის ძვალი) გამოყენებით მინამასალის მიღებისათვის ჩატარებული მიზნობრივი კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მიღებულია ახალი მტკიცებულება, რომლის მიხედვით ბიომინამასალების სინთეზისათვის შესაძლებელია საწყის ინგრედიენტად დამუშავებული საქონ-

ლის ძვლის გამოყენება. მიღებულია 6–10 მას.% ფოსფორის ანჰიდრიდის შემცველი მინები, რომელთა ერთსაფეხურიანი მაღალტემპერატურული დამუშავებით შესაძლებელია სასურველი თვისების მქონე ბიომინამასალის მიღება.

### ლიტერატურა

1. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М., Наука, 2005 – 204с.
2. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения много-функциональных стеклокристаллических материалов. М., ПХТУ, 1997 -218с.
3. Gross U., Struz U. //Biomedical Materials Res. 1985, v. 19, №3, pp. 251-253.

4. Hench L.L., Ethridge E.C. Biomaterials, an Interfacial Approach. N-Y: Academic Press, 1982.
5. ა. სარუხანიშვილი, ნ. ქუთათელაძე. მინის ფიზიკურ-ქიმიური და მექანიკური თვისებები. თბ.: სპი, 1981 – 105გვ.
6. Лукин Е.С., Андрианов Н.Т. Технический анализ и контроль производства керамики. М., Стройиздат, - 272 с.
- 

UDC 656.456

## SELECTION OF NEW KIND RAW MATERIALS FOR RECEIPT OF BIOACTIVE GLASS MATERIALS

**E. Uchaneishvili, T. Cheishvili**

Georgian Technical University, Department of Chemical and Biological Technologies, Str Costava 69. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

**Resume:** *Goal* Carrying out the studies related to bioactive glasses receipt on the basis of raw material base – natural cattle bones.

*Method.* Glass materials receipt in  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$  composition, in which the content of separate oxides is established for the bioglasses of the same composition, but with the difference that as one of the furnace charge ingredients the natural cattle bone – a complex phosphorus-containing raw material according its composition – has been taken. Glass material synthesis has been conducted according to technologies adopted in glass technology, through furnace charge high-temperature synthesis.

*Results.* A new result has been obtained after conducted studies – the synthesis of phosphorus-containing bioglass is possible with the use of treated cattle bones as a main ingredient of furnace charge. A synthesis temperature of obtained glass materials is 1320-1400°C.

*Conclusions.* Glasses containing 6-10 mass.% of phosphorus anhydride are synthesized on the basis of treated natural cattle bones, and bioglass materials with 33-48 MPa compression strength and high chemical resistance in physiological solutions are received through their one-stage thermal processing.

**Key words:** biochemistry; cattle bone; furnace charge; synthesis; properties.

---



უაკ 661.179

## თანამედროვე ენერგოეფექტური სამშენებლო მასალების მიღების ტექნოლოგიების შემუშავება საქართველოს თიხოვანი ქანების საფუძველზე

ე. შაფაქიძე\*, ი. ქამუშაძე\*, ლ. გაბუნია\*, ი. გეჯაძე\*, რ. სხვიტარიძე\*\*, თ. პეტრიაშვილი\*

\*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ალექსანდრე თვალჭრელიძის სახელობის მინერალური ნედლეულის კავკასიის ინსტიტუტი. საქართველო, 0186, თბილისი, მინდელის 11  
\*\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: elena.shapakhidze@tsu.ge

**რეზიუმე:** მიზანი. ნაშრომის მიზანია საქართველოს თიხოვანი ქანების (ადვილად ლღობადი თიხები, არგილიტები და თიხაფიქლები) საფუძველზე კერამიკის მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება ლაბორატორიულ პირობებში.

**მეთოდი.** რენტგენოგრაფიული ანალიზისთვის გამოიყენებოდა დიფრაქტომეტრი Дрoн-4.0, НПП "Бы-рвестник", სპილენძის ანოდით და ნიკელის ფილტრით. U (მაბვა) – 35კვ. I (დენის ძალა) – 20mA. გადაღების სიჩქარე – 2 გრად/წთ.  $\lambda=1.54778 \text{ \AA}$ .

დიფერენციალურ-თერმული ანალიზისთვის გამოიყენებოდა გერმანული ფირმის დერივატორაფი NETZSCH, STA-2500 REGULUS ანალიზატორით. ნიმუშებს ახურებდნენ 10000°C-მდე კერამიკულ ტიგელში, გახურების სიჩქარე – 10 გრად/წთ. ეტალონური ნივთიერება –  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

სითბოგამტარობა განისაზღვრა ხელსაწყოზე ИТП-МГ4 «100».

**შედეგი.** საქართველოს თიხოვანი ქანების (ადვილად ლღობადი თიხა, არგილიტი და თიხაფიქალი) საფუძველზე ლაბორატორიულ პირობებში მიღებულია ბეტონის მსუბუქი ფორიანი შემავსებელი – კერამიკი შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით: ნაყარი სიმკვრივის მარკა – M300 - M800, სითბოგამტარობის კოეფიციენტი  $\lambda=0.096\text{-}0.172 \text{ ვტ/მ}\cdot\text{K}$ .

**დასკვნა.** მიღებული კერამიკისგან შესაძლებელია დამზადდეს როგორც კონსტრუქციული, ისე თბოსაიზოლაციო მსუბუქი ბეტონები.

**საკვანძო სიტყვები:** ენერგოეფექტური; კერამიკი; თიხოვანი ქანები; სითბოგამტარობა.

### 1. შესავალი

თანამედროვე მშენებლობა, განვითარების სწრაფი ტემპების პირობებში, მოითხოვს არა მარტო სამშენებლო მასალების წარმოების რაოდენობრივ ზრდას, არამედ მათი ენერგოეფექტურობის დახვეწას და სრულყოფას, რაც თანამედროვე საცხოვ-

რების კომფორტულობის ხარისხის ამაღლებას უზრუნველყოფს. ამ მიზნის მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ ახალი მიდგომების შემუშავებით და ადგილობრივი ნედლეულის ბაზაზე.

ზემოხსენებული ამოცანის გადაწყვეტას გვაძლავს აგრეთვე კანონი ენერგოდამზოგავი მასალების გამოყენების შესახებ, კერძოდ ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულებით საქართველო ვალდებულია იხელმძღვანელოს ევროპარლამენტის საბჭოს 2010.19.05. დირექტივით 2010/31/EU შენობათა ენერგოეფექტური მაჩვენებლების [1], ასევე ევროპარლამენტის საბჭოს 2012.25.10 დირექტივით 2012/27/EU ენერგოეფექტურობის შესახებ [2], ამიტომ საქართველოს პარლამენტმა 2020წ. 21 მაისს დაამტკიცა საქართველოს კანონები: "ენერგოეფექტურობის შესახებ", № 5898 [3] და "შენობების ენერგოეფექტურობის შესახებ", №5900 [4].

მოთხოვნები შენობებისა და ნაგებობების სითბოს დანაკარგებისგან დაცვაზე მრავალ ქვეყანაში სახელმწიფოს რეგულირების მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ეს მოთხოვნები განიხილება როგორც გარემოს დაცვის, არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების, „სათბურის ეფექტის“, ისე ატმოსფეროში სხვა მავნე გამონახლოვების შემცირების თვალსაზრისით.

ენერგოეფექტური სამშენებლო მასალების წარმოების ერთ-ერთი მთავარი მიმართულებაა მსუბუქი ბეტონების გამოყენება ფორიან შემავსებელზე.

ფორიანი შემავსებლის ერთ-ერთი ძირითადი სახეობაა კერამიკი. კერამიკი მიიღება თიხოვანი ქანების (ადვილად ლღობადი თიხები, არგილიტები და თიხაფიქლები) აფუების გზით.

კერამიკი ყინვამედეგი და ტენემედეგი მასალაა, მდგრადია ტუტეებისა და მჟავების მიმართ, მტკიცეა კუმშვისას, ცეცხლმედეგია, ქიმიურად ინერტულია. კერამიკი ხანმედეგია, არ იზიდავს მღრღნელებს, მწერებს და არ ექვემდებარება ლპობას. კერამიკის ხრემის სიმკვრივეა 350-დან

900 კგ-მდე კუბურ მეტრზე, სიმტკიცე კუმშვაზე – 0.4-დან 6 მპა-მდე, ყინვამედევობა არანაკლებ F35 (გაყინვა-გალღობის 35 ციკლი), წყალშთანთქმა 10-დან 25%-მდე. კერამიკის თბოსაიზოლაციო თვისებები ფასდება, როგორც კარგი სითბოგამტარობის,  $\lambda=0.14-0.20$  ვტ/მ·K.

კერამიკი ძირითადად იწარმოება პლასტიკური მეთოდით, ნაწილობრივ მშრალით და ზოგიერთ შემთხვევაში სველი მეთოდითაც. გრანულების აფუება გამოწვის პროცესში წარმოებს მბრუნავ ღუმელებში.

კერამიკის წარმოების ტექნოლოგიური პროცესის არსი მდგომარეობს ნედლეული გრანულების გამოწვაში ოპტიმალური რეჟიმით. იმისთვის, რომ თიხის გრანულა აფუვდეს, აუცილებელია აქტიური აირგამოყოფა დაემთხვას თიხის გადასვლის ფაზას პირობლასტიკურ მდგომარეობაში. ნორმალურ პირობებში აირწარმოქმნა, თიხის გამოწვის დროს, მიმდინარეობს უფრო დაბალ ტემპერატურებზე, ვიდრე პირობლასტიკური გარბილება. ამიტომ, კერამიკის წარმოებისას ნედლეული გრანულების გამოწვის დროს საჭიროა ტემპერატურის სწრაფად აწევა, ვინაიდან ნელი გამოწვის პროცესში აირების უმეტესობა გამოიყოფა თიხის გარბილების დაწყებამდე, რის შედეგად მიიღება მკვრივი და ნაკლებად აფუებული კერამიკი. ნედლეული გრანულების აფუების ტემპერატურამდე სწრაფად გასახურებლად აუცილებელია მათი გამოშრობა და წინასწარი გათბობა.

გამოწვის ოპტიმალურ რეჟიმად მიჩნეულია საფეხურებიანი რეჟიმი ს. ონაცკის [5] მიხედვით: ნედლეული გრანულების 200°C-დან 600°C-მდე თანდათანობით და შემდგომი სწრაფი გახურება აფუების ტემპერატურამდე – 1200°C.

კერამიკის წარმოებისას ღუმელში აირადი გარემოს ხასიათი განპირობებულია იმ ქიმიური რეაქციებით, რომლებიც მიმდინარეობს გამოწვის პროცესში. აღმდგენელ გარემოში რკინის ჟანგი ( $Fe_2O_3$ ) გადადის ქვეჟანგში ( $FeO$ ), რაც თიხის პირობლასტიკურ მდგომარეობაში გადასვლის უმთავრესი ფაქტორია. აღმდგენელი გარემო გრანულას შიგნით წარმოიქმნება ორგანული მინარეგების და დანამატების შედეგად, მაგრამ ჰაერის მაღალი სიჭარბის გამო ორგანული მინარეგები და დანამატები შეიძლება ამოიწვას და წარმოიქმნება დამჟანგავი გარემო, ამიტომ დამჟანგავი აირადი გარემო ღუმელში თერმოდაამუშავების სტადიაში არასასურველია.

აღმდგენელი გარემოს პირობებში ღუმლის აფუების ზონაში შესაძლებელია გრანულების ზედაპირის გაღობა, რის გამოც ამ ზონაში აირ-

დი გარემო უნდა იყოს სუსტად აღმდგენელი, რომელიც მასის პირობლასტიკურ მდგომარეობას და აირგამოყოფას ინარჩუნებს, ამავე დროს გრანულების ზედაპირი ღლობას არ განიცდის.

აირადი გარემოს ხასიათი კერამიკის ფერზეც აისახება. რკინის ჟანგეულების მდგომარეობის და შემცველობის მიხედვით: წითელი ფერის ზედაპირით გრანულები მიიღება დამჟანგავ გარემოში, ხოლო მუქი ნაცრისფრით – აღმდგენელ გარემოში.

ძირითად ნედლეულად კერამიკის წარმოებაში გამოიყენება მონტმორილონიტური, ჰიდროქარსული და სერიციტქლორიტიანი მინერალებისგან შემდგარი თიხები, რომელთა ქიმიური შედგენილობა ზოგადად შემდეგნაირია (მას. %):  $SiO_2 - 50-65$ ;  $Al_2O_3 - 10-20$ ;  $Fe_2O_3+FeO - 3,5-10$ ;  $CaO - 3\%$ -მდე;  $MgO - 4\%$ -მდე;  $Na_2O+K_2O - 3,5-5,0$ . ისინი შეიცავენ ასევე ორგანული მინარეგების არაუმეტეს 2%-ს, რომლებიც გარკვეული სახის ბუმბულების გაჩენის წყაროს წარმოადგენს.

ქიმიურ შედგენილობაში განსაკუთრებული როლი ენიჭება თავისუფალი  $SiO_2$ -ის და რკინის ოქსიდების არსებობას, რადგან თავისუფალი  $SiO_2$ -ის რაოდენობით განისაზღვრება თიხების აფუების უნარი:  $SiO_2 - 20\%$ -მდე არსებობისას თიხები კარგად ფუვდება, ხოლო 30%-ზე მაღალი შემცველობისას აფუებისთვის უვარგისია [6, 7]. ყველაზე უკეთესი აფუების უნარი აქვს ჰიდროქარსულ თიხებს, ხოლო ბენტონიტური თიხები საერთოდ არ ფუვდება.

თიხები, გარდა ძირითადი თიხური მინერალებისა, შეიცავს სხვადასხვა მინარეგს, რომლებსაც განსხვავებული ზემოქმედება აქვს აფუებაზე. კვარცის მინარეგები კერამიკის მისაღებად მაგნე მინარეგებად ითვლება. კარბონატული მინარეგები კირქვის, თაბაშირისა და მერგელების სახით, რომლებშიც  $CaO - 3\%$ -ზე მეტია, ერთი მხრივ, ხელს უწყობს აფუების ტემპერატურული ინტერვალის შემცირებას, მაგრამ ასევე იწვევს კერამიკის გრანულების დაშლას წარმოქმნილი კირის ჩაქრობის შედეგად.

რკინის ნაერთების – ლიმონიტის, რკინის ჰიდროქსიდის, პირიტის ჩანართების ზემოქმედება თერმული დამუშავებისას განისაზღვრება გარემოს ხასიათით. თიხის გამოწვისას დამჟანგველ გარემოში რკინა გადადის სამვალენტთან ფორმაში, ხოლო აღმდგენელ გარემოში – ორვალენტთანში. წვრილდისპერსიული რკინის მინარეგები დადებითად მოქმედებს კერამიკის მიღებაზე. აღმდგენელ არეში დამუშავებისას მასალის ღლობის ტემპერატურა საკმაოდ დაბალია.

ტუტე ოქსიდები (Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O) გვხვდება როგორც მინერალების სახით, ისე თიხაწარმოქმნელი მინერალების შედგენილობაშიც. მათი რაოდენობა 5-6% შეადგენს და თერმული დამუშავებისას ხელს უწყობს ლღობის ტემპერატურის დაწევას.

კერამიკის მისაღებად თიხების აფუების უნარის გასაძლიერებლად, მასალის სიმტკიცის ასამაღლებლად და აფუების ინტერვალის გასაფართოებლად იყენებენ სხვადასხვა დანამატს როგორც თხევადი, ისე მყარი მასალების სახით.

დანამატების სახით გამოიყენება პირიტი, პირიტის ნაძწვი, დაწვრილმანებული ნახშირი, ნახერხი, გუმბრინი. დანამატების გამოყენება, განსაკუთრებით კომპლექსურის, საშუალებას იძლევა გაიზარდოს აფუების კოეფიციენტი 2-3-ჯერ, შესაბამისად შემცირდეს კერამიკის ნაყარი მოცულობითი მასა და თვითღირებულება.

კერამიკის წარმოებისათვის გამოყენებული თიხებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ბუნებრივი თიხაფიქლები. მათი ვარგისობის ძირითადი კრიტერიუმია დაჩქარებული რეჟიმით თერმული დამუშავებისას 1120-1250°C ტემპერატურულ ინტერვალში მისი თვითაფუების უნარი, რის შედეგადაც მასალა ფოროვან სტრუქტურას იძენს. გარდა ამისა, ფიქალი უნდა ხასიათდებოდეს მკვრივი ქვისმაგვარი სტრუქტურით, რომელიც წყალში არ სველდება, შავი, მუქი მოშავო, მონაცრისფრო ფერით, რაც ორგანული ნივთიერებების არსებობის მაჩვენებელია. მარილმჟავასთან მოქმედება სუსტი

რეაქციით მიუთითებს კარბონატების მცირე შემცველობაზე, ასევე უნდა იყოს ერთგვაროვანი; მათი ცეცხლმედეგობა არ უნდა აღემატებოდეს 1350°C. მინერალოგიური შედგენილობით დასაშვებია 80%-მდე ჰიდროქარსებისა და ქლორიტის შემცველობა, მინარევების სახით შეიძლება იყოს მინდვრის შპატი, კვარცი, სიდერიტი, პირიტი, კალციტი არაუმეტეს 3% [8].

ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევებით ლაბორატორიულ პირობებში გამოვლენილ იქნა მდ. დურუჯის ხეობის ნაშალი თიხაფიქლების გამოყენების შესაძლებლობა კერამიკის მისაღებად [9, 10].

## 2. ძირითადი ნაწილი

ჩვენ მიერ საქართველოს თიხოვანი ქანების (ადვილად ლღობადი თიხები, არგილიტები და თიხაფიქლები) თერმული მოდიფიცირების შედეგად 600-800°C ტემპერატურის ფარგლებში მიღებულია ცემენტის მაღალაქტიური პუცოლანური დანამატი [11, 12]. ნაშრომის მიზანია საქართველოს თიხოვანი ქანების საფუძველზე კერამიკის მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება ლაბორატორიულ პირობებში.

საცდელ ნედლეულად გამოყენებულ იქნა გარდაბნის თიხა, თელეთის არგილიტი და ყვარლის ნაშალი თიხაფიქალი. თიხოვანი ქანების ქიმიური შედგენილობა მოყვანილია 1-ელ ცხრილში.

ცხრილი 1

თიხოვანი ქანების ქიმიური შედგენილობა, მას. %

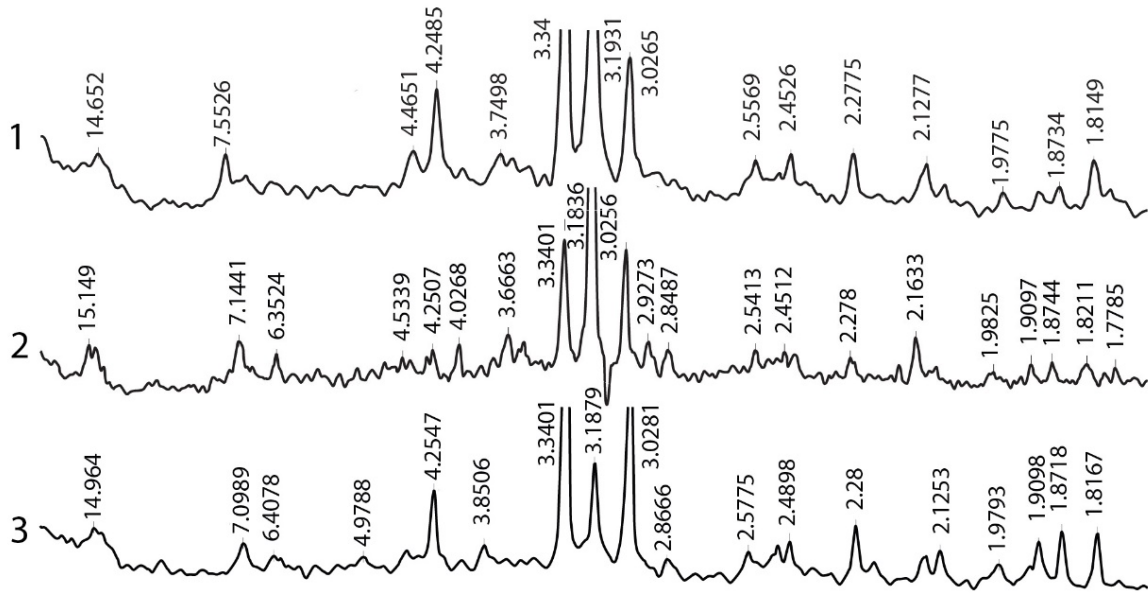
№	ბ. დ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1*	10.60	52.84	-	15.07	6.47	-	-	7.06	2.49	1.36	1.19	2.17
2**	7.01	47.19	-	15.90	13.36	-	0.10	6.30	4.10	1.39	2.86	1.30
3***	4.50	59.95	0.89	17.30	3.45	3.65	0.59	1.53	2.43	0.30	2.20	2.20

\* გარდაბნის თიხა, \*\* თელეთის არგილიტი, \*\*\* ყვარლის თიხაფიქალი

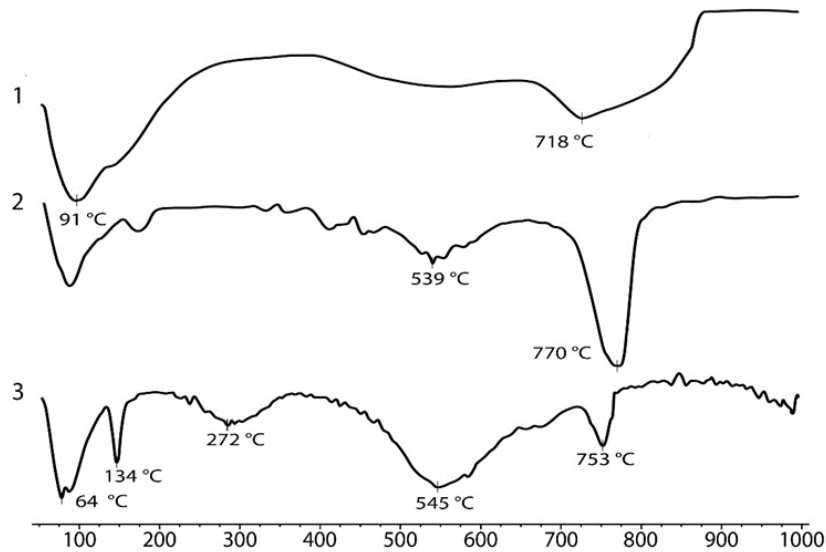
1-ელ სურ-ზე წარმოდგენილია საკვლევი თიხების რენტგენოგრამები, სადაც ფიქსირდება თიხური მინერალების – ქლორიტის; მონტმორილონიტის (14.66 - 14.96, 7.14, 4.25, 3.66, 2.86, 2.327 Å); კვარცის (3.34 Å); მინდვრის შპატების (3.87 Å) და კარბონატის (3.03 Å) არსებობა.

დიფერენციალურ-თერმული ანალიზების შედეგების მიხედვით (სურ. 2), ენდოფექტი 100-150°C-ის ფარგლებში ყველა მრუდზე აღინიშნება, რომელიც შეესაბამება მექანიკურად მი-

ერთებული წყლის მოცილებას. 650-850°C-ის ტემპერატურულ ინტერვალში ვლინდება ძლიერი ენდოფექტი, რაც სავარაუდოდ თიხური მინერალების კრისტალური მესრის რღვევას, მათ აქტიურ ამორფულ ფორმაში გარდაქმნას უკავშირდება. ამ ენდოფექტის პიკი შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე აღენიშნება გარდაბნის თიხას (718°C), რაც მეტყველებს ამ თიხის თვისებაზე, კარგად დაექვემდებაროს ტემპერატურულ გააქტიურებას.



სურ. 1. თიხოვანი ქანების რენტგენოგრამები: 1 - გარდაბნის თიხა, 2 - თელეთის არგილიტი, 3 - ყვარლის თიხაფიქალი



სურ. 2. თიხოვანი ქანების თერმული მრუდები: 1 - გარდაბნის თიხა, 2 - თელეთის არგილიტი, 3 - ყვარლის თიხაფიქალი

ნედლეული მასალები წინასწარ გამოშრა თერმოსტატში (100±5)°C ტემპერატურაზე, დაწვრილმანდა და გაიცრა №063 საცერში. თიხის და არგილიტისგან ნახევრად მშრალი მეთოდით დამზადდა 2.5–3.0 მმ დიამეტრის გრანულები, ხოლო თიხაფიქალი – წვრილი ნატეხების სახით დარჩა.

ნედლეული ააფუეს მაღალტემპერატურული მუფელის ლუმელში. თერმული დამუშავების ტემ-

პერატურამ შეადგინა: 1170–1190°C – თიხისთვის, 1180–1200°C – არგილიტისთვის და 1170–1200°C – თიხაფიქალისთვის.

თერმული დამუშავების შედეგად ლაბორატორიულ პირობებში მიღებულ იქნა კვარცხილის აფუებული გრანულები (სურ. 3 – სურ. 8).





სურ. 3. კერამიტი, მიღებული გარდაბნის თიხისგან (10–20 მმ)



სურ. 4. კერამიტი, მიღებული თელეთის არგილიტისგან (10–20 მმ)



სურ. 5. კერამიტი, მიღებული ყვარლის თიხაფიქლისგან (5 მმ-მდე)



სურ. 6. კერამიტი, მიღებული ყვარლის თიხაფიქლისგან (5–10 მმ)



სურ. 7. კერამიტი, მიღებული ყვარლის თიხაფიქლისგან (10–20 მმ)



სურ. 8. კერამიტი, მიღებული ყვარლის თიხაფიქლისგან (20–40 მმ)

შესწავლილ იქნა ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული 10–20 მმ ზომის კერამიტის ძირითადი თვისებები (ცხრილი 2), რომელთა მნიშ-

ვნელობები სტანდარტების მოთხოვნების ფარგლებშია [13-16].

## ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული კერამზიტის ძირითადი თვისებები

ნედლეულის სახე	ნაყარი სიმკვრივე, კგ/მ <sup>3</sup>	მარკა ნაყარ სიმკვრივეზე	ჭეშმარიტი სიმკვრივე, გ/სმ <sup>3</sup>	წყალშთანქმა, %	აფუების კოეფიციენტი	სითბოგამტარობის კოეფიციენტი, λ, ვატ/მ·K
თიხა	675	700	2,53	0.37	2.8	0.167
არგილიტი	788	800	2.70	0.48	2.5	0.172
თიხაფიქალი	275	300	2.42	5.70	3.9	0.096

შემდგომი კვლევები მიმართული იქნება ზემოხსენებული კერამზიტებისგან დამზადებული მსუბუქი ბეტონების ტესტირებაზე.

### 3. დასკვნა

ამრიგად, საქართველოს თიხოვანი ქანების (ადვილად ლღობადი თიხები, არგილიტები და თიხაფიქლები) საფუძველზე ლაბორატორიულ პირობებში მიღებულია ბეტონის მსუბუქი ფოროვანი შემავსებელი – კერამზიტი, შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით: ნაყარი სიმკვრივის მარკა – M300 – M800, სითბოგამტარობის კოეფიციენტი  $\lambda=0.096-0.172$  ვტ/მ. ამ ტიპის კერამზიტისგან შესაძლებელია დამზადდეს როგორც კონსტრუქციული, ისე თბოსაიზოლაციო მსუბუქი ბეტონები.

### ლიტერატურა

1. European Commission. "DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL" of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. 18.06.2010. Official Journal of the European Union L 153/13.
2. European Commission. "DIRECTIVE 2012/27/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL" of 25 October 2012 energy efficiency, <https://enr-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/>.
3. „საქართველოს კანონი ენერგოეფექტურობის შესახებ“. №5898, 21.05.2020.
4. „საქართველოს კანონი შენობების ენერგოეფექტურობის შესახებ“. №5900, 21.05.2020.
5. Онацкий С.П. Производство керамзита. Стройиздат. Москва. 1987. 337 с.
6. Шустер Р.Л., Рахимова Р.А. Сланцы, как сырьё для получения лёгких заполнителей бетона. Из. «Недра». М. 1974. с.63.
7. ГОСТ 32026-2012 Сырьё глинистое для производства керамзитового гравия, щебня и песка. Технические условия.
8. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. «Стройиздат». М. 1974. с.319.
9. ე. შავაჩიძე, რ. სხვიტარიძე, ი. ქამუშაძე, ლ. გაბუნია, ი. გეჯაძე. ენერგოეფექტური სამშენებლო მასალების წარმოების პერსპექტივები საქართველოში. სამთო ჟურნალი, თბილისი, 2017. №2(39). გვ. 61-66.
10. E. Shapakidze, R. Skhvitaridze, I. Gejadze, I. Kamushadze, L. Gabunia, T. Petriashvili. Development of technology for production of aggregate for lightweight concrete - claydite based on the shales of Georgia. 5th International Scientific-Practical Conference on Up-to-date Problems of Geology: Power of Geology is the Precondition for Regeneration of Economics. Georgian Technical University. 2019. p. 128-130.
11. E. Shapakidze, I. Gejadze, M. Nadirashvili, V. Maisuradze, T. Petriashvili, A. Skhvitaridze. Using Clay Rocks of Georgia to Obtain High-Active Pozzolan Additives to Portland Cement. International Journal of Applied Engineering Research. Volume 14, Number 18 (2019) pp. 3689-3695.
12. Шапакидзе Е.В., Схвитаридзе Р.Е., Камушадзе И.Г., Габуня Л.В., Геджадзе И.В., Петриашвили Т.Т. Разработка режима термического модифицирования глинистых пород с целью их пуццолановой активации. სამთო ჟურნალი, თბილისი, 2020. №1(43). გვ. 71-76.
13. ГОСТ 9758-2012. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний.
14. ГОСТ 7070-99. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
15. ГОСТ 9757-90. Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия.
16. ГОСТ 32496-2013. Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия.

*კვლევა განხორციელდა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [გრანტის №AR-18-343].*

UDC 661.179

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF MODERN ENERGY EFFICIENT BUILDING MATERIALS ON THE BASIS OF CLAY ROCKS OF GEORGIA

E. Shapakidze\*, I. Kamushadze\*, L. Gabunia\*, I. Gejadze\*, R. Skhvtaridze\*\*, T. Petriashvili\*

\* Ivane Javakishvili Tbilisi State University. Caucasian Alexandre Tvalchrelidze Institute of Mineral Resources. Mindeli 11. 0186 Tbilisi. Georgia

\*\* Georgian Technical University, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy. Str Costava 69. 0160 Tbilisi. Georgia

E-mail: elena.shapakidze@tsu.ge

**Resume: Goal.** The goal of the work is to develop a technology for producing expanded clay based on clayey rocks in Georgia (low-melting clay, mudstone and shale).

**Method.** The X-ray phase analysis were carried out using a Dron-4.0 diffractometer (“Burevestnik”, St. Petersburg, Russia) with a Cu-anode and a Ni-filter.  $U=35\text{kv}$ .  $I=20\text{mA}$ . Intensity - 2 degrees / min.  $\lambda = 1.54178 \text{ \AA}$ .

For thermogravimetric analysis, a NETZSCH derivatograph with STA-2500 REGULUS thermogravimetric and differential thermal analyzer (TG / DTA) was used. Samples were heated to  $1000^\circ \text{C}$ , in a ceramic crucible, heating rate  $10^\circ \text{C} / \text{min}$ . Reference substance  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

Thermal conductivity was measured on an ИТП-МГ4 «100» device.

**Results.** Under laboratory conditions, a light porous aggregate for concrete was obtained - expanded clay based on clay rocks of Georgia (low-melting clay, argillite and shale) with the following parameters: bulk density grade M300 - M800, thermal conductivity coefficient -  $\lambda = 0.096 - 0.172 \text{ Watt/m}\cdot\text{K}$ .

**Conclusion.** The obtained expanded clay can be used to produce both structural and heat-insulating lightweight concrete.

**Key words:** Energy efficient; Expanded clay; Clayey rock; Thermal conductivity.

*This work was supported by the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (SRNSFG) [grant number AR-18-343].*

---

# შ ი ნ ა ა რ ს ი

მ. ზაქარაია, მ. მშვილდაძე, თ. ჭეიშვილი. მიკროელემენტუმცველ მოდელოვ კომპოზიციებში ფუნქციური დანიშნულების მინამასალების მიღება .....	3
ე. თოფურია, ლ. თოფურია. ინვერტაზას ტექნიკური პრეპარატის მიღება .....	8
ალ. კანკაძე, ჯ. კანკაძე, ა. წულაია. ინფორმაციული ლოგისტიკის გავლენის ანალიზი საქართველოს ეკონომიკურ მდგომარეობაზე .....	11
ალ. კანკაძე, ჯ. კანკაძე, ა. წულაია, მ. მოისწრაფიშვილი. ლოგისტიკის როლის კვლევა რეგიონალური ბაზრის პოლიტიკაში .....	17
ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, გ. ტაბატაძე, მ. მშვილდაძე, ზ. მესტვირიშვილი, ნ. დარახველიძე, მ. ბალახაშვილი, ვ. ქინქლაძე. β-SiAlON-ური ნანოკომპოზიტის მიღება ალუმოთერმიული და აზოტირების მეთოდით .....	21
ე. უჩანეიშვილი, თ. ჭეიშვილი. ბიოაქტიური მინამასალების მიღებისათვის ახალი სახეობის სანედლეულო მასალის შერჩევა .....	37
ე. შაფაქიძე, ი. ქამუშაძე, ლ. გაბუნია, ი. გეჯაძე, რ. სხვიტარიძე, თ. პეტრიაშვილი. თანამედროვე ენერგოეფექტური სამშენებლო მასალების მიღების ტექნოლოგიების შემუშავება საქართველოს თიხოვანი ქანების საფუძველზე .....	41



# CONTENTS

<b>M. Zakaraia, M. Mshvildadze, T. Cheishvili.</b> RECEIPT OF FUNCTIONAL-PURPOSE GLASS MATERIALS IN SOME MICROELEMENT-CONTAINING MODEL COMPOSITIONS .....	3
<b>E. Topuria, L. Topuria.</b> RECEIPT OF TECHNICAL PREPARATION INVERTASE .....	8
<b>Al. Kankadze, J. Kankadze, A. Tsulaia.</b> THE IMPACT OF INFORMATION LOGISTICS ON THE ECONOMIC SITUATION IN GEORGIA .....	11
<b>Al. Kankadze, J. Kankadze, A. Tsulaia, M. Moiscrafishvili.</b> THE RESEARCH OF THE ROLE OF LOGISTICS IN THE REGIONAL MARKET POLICY .....	17
<b>Z. Kovziridze, N. NiJaradze, G. Tabatadze, M. Mshvildadze, Z. Mestvirishvili, N. Darakhvelidze, M. Balakhashvili, V. Kinkladze.</b> OBTAINING OF $\beta$ -SiAlON NANOCOMPOSITE WITH ALUMOTHERMAL AND NITROGEN PROCESSES .....	21
<b>E. Uchaneishvili, T. Cheishvili.</b> SELECTION OF NEW KIND RAW MATERIALS FOR RECEIPT OF BIOACTIVE GLASS MATERIALS .....	37
<b>E. Shapakidze, I. Kamushadze, L. Gabunia, I. Gejadze, R. Skhvitardze, T. Petriashvili.</b> DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF MODERN ENERGY EFFICIENT BUILDING MATERIALS ON THE BASIS OF CLAY ROCKS OF GEORGIA .....	41

kompiuterul i uzrunvel yofa x. ungi aZi s  
redaqtori m. kal andaZe

saqarTvel os keramikosTa asociacia 2007 wl idan  
gawevri anda keramikosTa msopl io federaciaSi

saqarTvel os keramikosTa asociacia 2002 wl idan evropis  
keramikosTa asociaciis wevria

saqarTvel os keramikosTa asociacia daarsda 1998 wel s  
Jurnal i daarsda 1998 wel s

Jurnal Si statiebi ibeWdeba qarTul , ingl isur , germanul da rusul enebze

*gamoqveynebul i masal is avtorebi pasuxismgebel ni arian moyvanil i faqtebis, ci-  
tatebis da sxva monacemebis Sercevasa da sizusteze, aseve Ria publ ikaciaSi kanoniT  
akrZal ul i monacemis gaxmaurebaze.  
redaqcias SeuZl ia gamoaqveynos masal ebi ise, rom ar iziarebdes avtoris Sexedu-  
l ebebs.*

*Авторы публикуемых материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных  
фактов, цитат и других сведений, а также за неразглашение сведений, запрещенных  
законом к открытой публикации.*

*Редакция может публиковать материалы, не разделяя точку зрения автора.*

*Authors of the published materials are responsible for choice and accuracy of adduced facts,  
quotations and other information, also for not divulging information forbidden open publication.*

*Publishing material the editorial board may not share the views of the author.*

Tbil is i , `keramika-, Vol. 22. 2(44). 2020  
masal is gadabeWvdvisas Jurnal is miTiTeba aucil ebel ia  
ТБИЛИСИ, "КЕРАМИКА", Vol. 22. 2(44). 2020  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна  
ТБИЛИСИ, "CERAMICS", Vol. 22. 2(44). 2020  
Reference of magazine is obligatory on reprinting

pirobiTi nabeWdi Tabaxi 3. tiraJi 50 egz., fasi saxel Sekrul ebo.

saqarTvel os keramikosTa asociacia, Tbil is i, kostavas 69, tel : 233-53-48, Sida 62-39,  
E-mail: kowsiri@gtu.ge, z. kovziriZe

<http://www.ceramics.gtu.ge>

---

---